

Научно-теоретический журнал
ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

12

2020

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**

№ 12, 2020 год

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

Vol. 12. 2020

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).

Официальный сайт журнала: <https://bulletinbstu.editorum.ru>

Тел: +7 (4722) 30-99-77. E-mail: VESTNIK@intbel.ru.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 44446.

Online подписка: <http://www.akc.ru/itm/255810462/>

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).

Official website of the journal: <https://bulletinbstu.editorum.ru>
Tel.: +7 (4722) 30-99-77. E-mail: VESTNIK@intbel.ru
Subscription index in the united catalogue of "Press of Russia" – 44446.
Online subscription: <http://www.akc.ru/itm/2558104627/>

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).

Баженов Юрий Михайлович, академик РААСН наук, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии вяжущих веществ и бетона НИУ Московского государственного строительного университета (РФ, г. Москва).

Благоевич Деян, PhD, проф. Высшей технической школы по профессиональному образованию в Нише (Республика Сербия, г. Ниш).

Богданов Василий Степанович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Перькова Маргарита Викторовна, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

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).

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

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

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

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

Elena A. Akhmedova, 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).

Yuriy M. Bazhenov, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (Russian Federation, Moscow).

Deyan Blagovich, 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).

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

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

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

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

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

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).

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, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (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

Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э. СВЕТЯЩИЕСЯ ДЕКОРАТИВНЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД	8
Логанина В.И. НАДЕЖНОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	17
Арипов Д.Н., Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ЛИСТОВЫХ ФАСОНКАХ РЕШЕТЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПУЛТРУЗИОННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ПРОФИЛЕЙ (ПСП)	22
Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Доценко Н.А. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ И ВИБРОЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ КОНСТРУКТИВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ БЕТОНА	32
Елистратова Ю.В., Семиненко А.С., Минко В.А., Рамазанов Р.С. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ В ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ	47
Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В. ОСОБНЯКИ И ЖИЛЫЕ ДОМА НОВОЧЕРКАССКА 1900–1910 ГОДОВ	56
Тарасенко В.Н., Самойлова А.Ю., Мосиенко А.С. АКУСТИЧЕСКИЙ КОМФОРТ ПОМЕЩЕНИЯ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДОВОГО ПРОСТРАНСТВА	65
Цепилова О.П. АНАЛИЗ ОПЫТА ПОВТОРНОЙ АДАПТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ	74
Чашина А.И., Скопинцев А.В. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АРХИТЕКТУРНОМУ ФОРМИРОВАНИЮ АДАПТИВНОЙ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ РОДИЛЬНЫХ ДОМОВ И ПЕРИНАТАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ	91
Ярмош Т.С., Бабаева М.А. РОЛЬ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В ФОРМООБРАЗОВАНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА	102
Хербез В. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ТУРИСТОВ НА ТЕРРИТОРИИ СКАДАРСКОГО ОЗЕРА В ЧЕРНОГОРИИ	110

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Евтушенко Е.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕКЛОВОЛОКНА С ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА	119
Мороз Я.А., Лозинский Н.С., Лопанов А.Н., Чебышев К.А., Бурховецкий В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ТЕРМОЛИЗА ВОЛЬФРАМОФOSФАТОВ ЦЕЗИЯ	126

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Аникеева О.В., Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОДСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА	136
Фадин Ю.М., Шеметова О.М. СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ И СМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА	145
Романович М.А., Романович А.А., Чеховской Е.И., Бутов А.П. АГРЕГАТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ	151

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Ryabchevskiy I.S., Koryakina A.A., Levshina D.E. ILLUMINATED CONCRETE USING ROCK CRUSHING WASTE	8
Loganina V.I. RELIABILITY OF QUALITY CONTROL OF BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	17
Aripov D.N., Kuznetsov I.L., Salakhutdinov M.A. IMPROVEMENT OF NODE CONNECTIONS ON PULTRUSION FIBERGLASS GUSSET PLATES IN FRAME STRUCTURE	22
Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Dotsenko N.A. FEATURES OF CALCULATION OF CENTRIFUGED AND VIBRO-CENTRIFUGED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BY DIFFERENTIAL CONSTRUCTION CHARACTERISTICS OF CONCRETE	32
Elistratova J.V., Seminenko S.A., Minko V.A., Ramazanov R.S. FEATURES OF LIQUID FLOW DISTRIBUTION IN PLATE HEAT EXCHANGERS REFERENCES	47
Ivanova-Ilyicheva A.M., Orekhov N.V. MANSIONS AND RESIDENTIAL BUILDINGS OF NOVOCHERKASSK 1900-1910	56
Tarasenko V.N., Samoylova A.Yu., Mosienko A.S. ACOUSTIC COMFORT OF THE ROOM AS ONE OF THE FORMATION FACTORS OF THE ENVIRONMENTAL SPACE	65
Tsepilova O.P. ANALYSIS OF THE EXPERIENCE OF RE-ADAPTATION OF INDUSTRIAL ARCHITECTURE	74
Chashchina A.I., Skopintsev A.V. MODERN APPROACHES TO ARCHITECTURAL FORMATION OF THE ADAPTIVE THERAPEUTIC ENVIRONMENT OF MATERNITY HOSPITALS AND PERINATAL CENTERS	91
Yarmosh T.S., Babaeva M.A. ROLE OF LANDSCAPE ARCHITECTURE IN THE FORMATION OF PUBLIC SPACES OF A MODERN CITY	102
Herbez V. PRINCIPLES FOR FORMING NEW TYPES OF ACCOMMODATION FOR TOURISTS ON THE TERRITORY OF LAKE SKADAR IN MONTENEGRO	110

CHEMICAL TECHNOLOGY

Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Evtushenko E.I. STUDY OF THE CHEMICAL INTERACTION OF GLASS FIBER WITH CEMENT HYDRATION PRODUCTS	119
Moroz Y.A., Lozynskyy M.S., Lopanov A.N., Chebyshev K.A., Burkhovetsky V.V. THE RESEARCH OF THE THERMOLYSIS PRODUCTS OF CESIUM TUNGSTOPHOSPHATES	126

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G., Storublev M.L. IDENTIFICATION OF INDICATORS OF INTERACTING INDUSTRIAL ENTERPRISE SUBSYSTEMS FOR ACHIEVING QUALITY MANAGEMENT PURPOSES	136
Fadin Yu.M., Shemetova O.M. DRY MIXTURES AND MIXING EQUIPMENT FOR THEIR PRODUCTION	145
Romanovich M.A., Romanovich A.A., Chekhovskoy E.I., Butov A.P. AGGREGATE FOR OBTAINING CUBE-SHAPED CRUSHED STONE	151

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-8-16

Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru*

СВЕЯЩИЕСЯ ДЕКОРАТИВНЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ КАМНЕДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация. Получены светящиеся изделия из архитектурно-декоративных бетонов с применением фотолюминесцентного пигмента, формируемые в различных положениях и любой конфигурации, не теряющих своей архитектурной выразительности в течение длительного срока эксплуатации. Применение изделий с эффектом свечения обеспечивает увеличение безопасности в темное время суток и является дополнительным средством сигнализирования на опасных и мало освещенных участках дорог, стоянках, велодорожках. Оптимально подобранные материалы и способ обработки поверхности изделий обеспечивают декоративность малых архитектурных форм и в дневное время. Разработаны составы архитектурно-декоративного бетона и произведена оценка влияния количественного содержания фотолюминесцентного пигмента на основные физико-механические характеристики. Исследованы реологические и физико-механические свойства цементных суспензий и архитектурно-декоративных бетонов на их основе, а также дана оценка декоративности и свечения изделий с фотолюминесцентным пигментом по разработанным авторским методикам. Полученный рекомендованный состав светящихся архитектурно-декоративных бетонов с применением белого портландцемента СЕМ I 52,5 N, фракционированных отходов дробления мрамора, модификатора поликарбоксилатного типа и фотолюминесцентного пигмента, что позволяет получать изделия, обладающие эффектом свечения, высокими архитектурно-декоративными и физико-механическими характеристиками.

Ключевые слова: декоративный бетон, фотолюминесцентный пигмент, отходы камнедробления, мрамор, светящийся бетон.

Введение. В отечественной и зарубежной практике широко исследованы вопросы производства и применения архитектурно-декоративного бетона и изделий на его основе. В состав декоративного бетона в зависимости от назначения могут вводиться пигменты или модификаторы с целью получения изделий с высокими эстетическими и эксплуатационными свойствами [1–5]. Эстетическая ценность изделий из декоративных бетонов заключается в архитектурной выразительности поверхностной структуры. Малые архитектурные формы с данными свойствами органично интегрируются в любую архитектуру и дизайн среды. Тем не менее, вопрос функционального использования изделий из декоративного бетона в темное время суток ранее не рассматривался.

Введение в состав декоративного бетона фотолюминесцентного пигмента, при сохранении всех требуемых эксплуатационных характеристик, позволит обеспечить дополнительное свойство – свечение для архитектурной выразительности изделий в ночной период времени. Актуальность данного исследования определяется тем, что эффект свечения позволяет расширить возможности функционального применения архитектурно-декоративных изделий и повысить их технико-экономическую эффективность за

счет экономии электроэнергии путем исключения дополнительных источников освещения на общественных территориях, а также повышения безопасности дорожного движения и пешеходных потоков. В настоящее время применение фотолюминесцентного пигмента в бетоне исследовано недостаточно. Известный способ внедрения фотолюминесцентных пигментов в изделия из декоративного бетона, направленный на обеспечение свечения только верхнего декоративного слоя, имеет ряд существенных недостатков: он не обеспечивает свечение на весь период эксплуатации, технологически не позволяет изготавливать изделия сложных конфигураций и, снижает физико-механические характеристики материала [6, 7]. Целью исследования является изучение характеристик фотолюминесцентного пигмента и формирование декоративных светоизлучающих поверхностей изделий с применением фотолюминесцентного пигмента с возможностью изготовления изделий с лицевой поверхностью, формируемой в различных положениях и разных конфигурациях, при сохранении физико-механических характеристик бетона, с обеспечением высокой архитектурно-декоративной выразительности в дневное время и стойкого свечения в темное время суток в течение всего срока службы. Для

достижения поставленной цели определены критерии выбора вяжущего; исследовано влияние фотолюминесцентного пигмента на реологические, физико-механические и декоративные свойства архитектурно-декоративных бетонов.

Материалы и методы. Физико-механические свойства исходных компонентов, реологические характеристики цементных суспензий и архитектурно-декоративных бетонных смесей, физико-механические свойства изделий, изготовленных на их основе, оценивали в соответствии с ГОСТ 25.503-97 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие; ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости; ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности и разработанной авторами методикой по оценке свечения фотолюминесцентного пигмента в бетоне, заключающейся в измерении яркости свечения люксметром в темном помещении (яркость освещения – 0 Лк) после накопления образцом световой энергии при выбранном источнике освещения. Оценка архитектурной выразительности изделий из декоративного бетона осуществлялась по балльной системе с учетом каждого параметра декоративности. Класс декоративности бетона устанавливался путем сопоставления итоговой среднеарифметической оценки декоративности с соответствующей классификацией бетонов [8]. Для изучения сцепления частиц пигмента с цементным камнем бетона были подготовлены образцы бетонного лома контрольного состава с применением белого портландцемента, различных фракций отходов камнедробления мрамора, фотолюминесцентного пигмента, введенного в смесь в количестве 7 % от массы вяжущего, и модификатора поликарбоксилатного типа, а для сравнительного анализа были подготовлены образцы с применением портландцемента и пигмента. Для проведения исследований образцы подвергались разрушению, также была произведена оценка их свечения. Исследования проводились с применением египетского белого портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N; турецкого белого портландцемента Adana CEM I 52,5 R, российского белого портландцемента Holcim DecoCem (Щуровский цемент) ЦЕМ I 52,5 Н и серого портландцемента Себряковцемент ЦЕМ I 42,5 Н Д-0.

Основная часть. Декоративный бетон изготавливался с применением белого и цветных портландцементов, заполнителей, пигментов, модификаторов, позволяющих получать бетоны с различным цветовым оттенком, а также бетоны с фактурой, близкой к природным каменным материалам. Декоративный бетон с применением фотолюминесцентного пигмента аккумулирует

энергию, которую преобразует в свет в темное время суток и сохраняет яркость свечения достаточно длительный период времени [9, 10]. На первом этапе был проведен эксперимент по определению свечения фотолюминесцентного пигмента в бетонах с применением белого и серого портландцементов. Критериями выбора вяжущего являлись декоративность полученных бетонов на разных цементах и эффект свечения образцов.

При проведении эксперимента по накоплению световой энергии в бетонную смесь с применением белого и серого портландцементов был введен фотолюминесцентный пигмент на стадии сухого перемешивания в установленном количестве 5 % от массы портландцемента. Образцы в течение 60 минут аккумулировали солнечную энергию при естественном освещении. Свечение образца с белым портландцементом составляет 2,5 Лк, у образца на сером портландцементе свечение отсутствует, с применением цветных пигментов свечение составило 0,11 Лк (рис. 1).

В ходе эксперимента было установлено, что вид портландцемента оказывает влияние на свечение готового изделия: серый портландцемент и введенный цветной пигмент в состав бетона приглушают эффект свечения, поэтому при введении фотолюминесцентного пигмента очень сложно добиться яркости свечения, который достигается при использовании белого портландцемента при одинаковой дозировке фотолюминесцентного пигмента. Поэтому изделия из белого портландцемента с применением фотолюминесцентного пигмента и отходов камнедробления мрамора следует отнести к высокодекоративным бетонам.

Также выявлено, что максимальное свечение образца отмечено при зарядке при естественном освещении и солнечном свете с освещенностью в 50,0 Лк (рис. 2). Установлено, что на интенсивность свечения фотолюминесцентного пигмента влияет и цветовая температура источника освещения. Пигмент работает интенсивнее при зарядке более холодной цветовой температурой в 6500 К относительно более теплой 3000 К в 5,2...6,91 раза (рис. 3).

Светящиеся изделия из архитектурно-декоративных бетонов содержат в своем составе пигменты в диапазоне до 10 % от массы портландцемента, которые могут оказывать существенное влияние как на реологические характеристики бетонных смесей, так и на физико-механические характеристики изделий на их основе. Проведен анализ реологических свойств цементных суспензий белых портландцементов с фотолюминесцентным пигментом, модифицированных добавками поликарбоксилатного типа. Многочис-

ленные эксперименты комплексных модификаторов поликарбоксилатного типа доказывают их

высокую эффективность для декоративных бетонов [11].

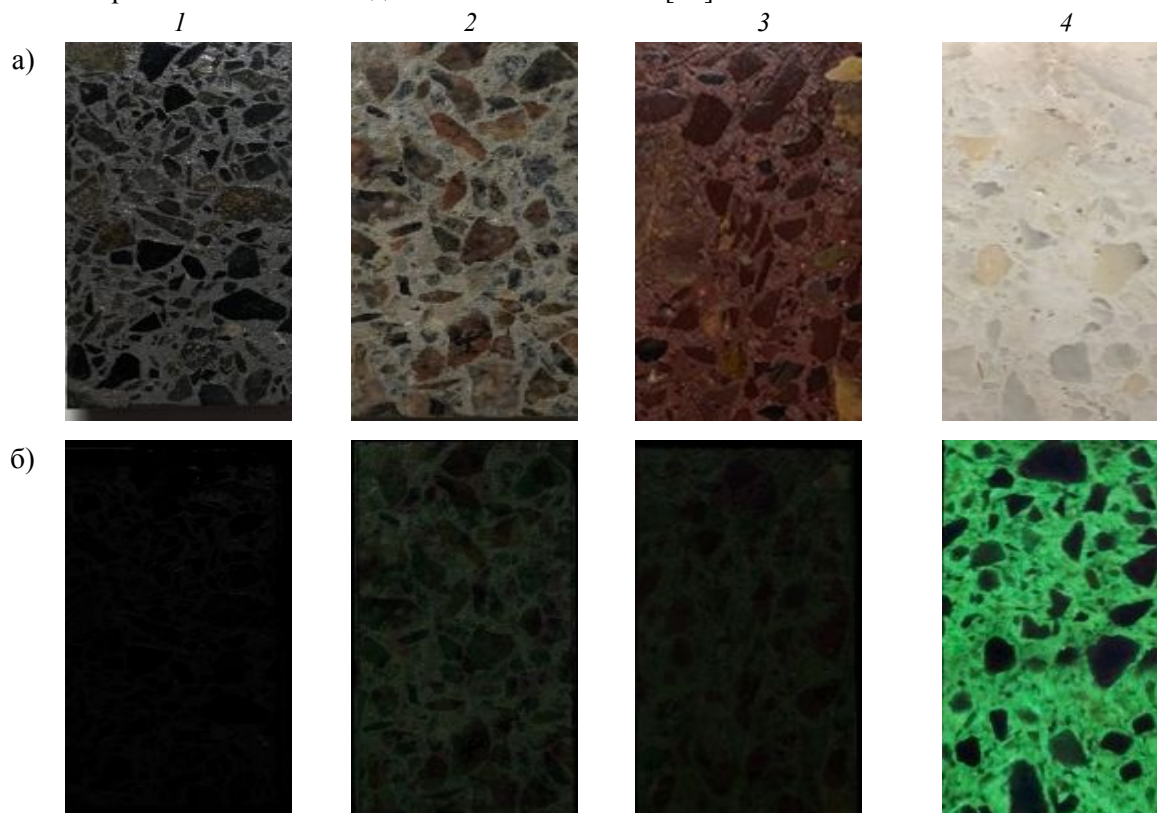


Рис. 1. Свечение образцов декоративного бетона с введенным фотолюминесцентным пигментом в количестве 5 %:

- а) образцы, с применением различных видов портландцемента при естественном освещении;
 б) свечение образцов с применением различных видов портландцемента при отсутствии освещения;
 1) образец на сером портландцементе с применением цветового пигмента;
 2) образец на сером портландцементе без цветового пигмента;
 3) образец на белом портландцементе с применением цветового пигмента;
 4) образец на белом портландцементе без цветового пигмента

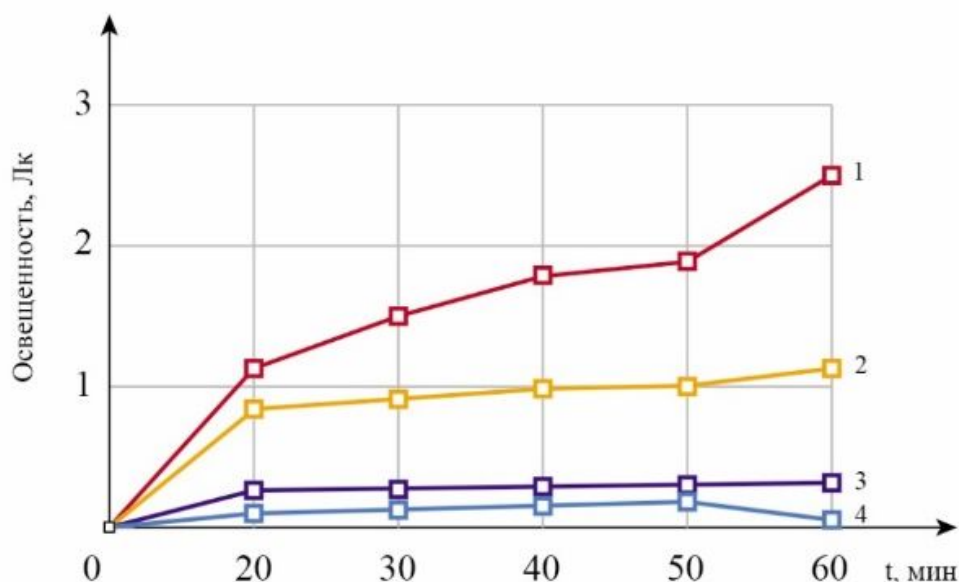


Рис. 2. График зависимости яркости свечения фотолюминесцентного пигмента в белом и сером портландцементе при естественном освещении:

- 1) солнечный свет при ясной погоде на белом портландцементе;
 2) солнечный свет при пасмурной погоде на белом портландцементе;
 3) солнечный свет при ясной погоде на сером портландцементе;
 4) солнечный свет при пасмурной погоде на сером портландцементе

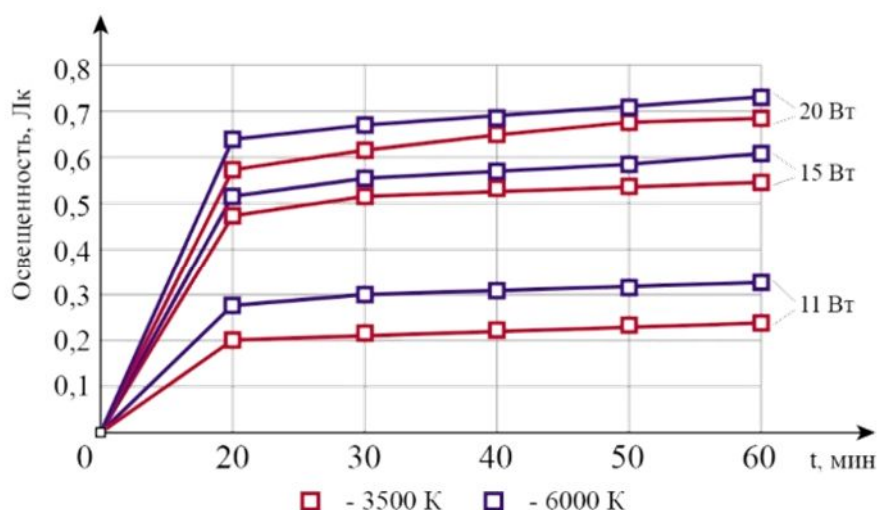


Рис. 3. График яркости свечения фотолюминесцентного пигмента при искусственном освещении в зависимости от цветовой температуры источника освещения: — образец на белом портландцементе; — образец на сером портландцементе

По результатам исследований [12, 13] установлено, что лучший результат при максимальном экономическом эффекте достигается при введении модификатора в диапазоне 0,3...0,7 %.

Цементные суспензии приготовлены с одинаковым водоцементным отношением (В/Ц), дозировкой модификатора 0,4 % от массы портландцемента и фотолюминесцентным пигментом в количестве 5 % от массы портландцемента (табл. 1).

Таблица 1

Реологические свойства цементной суспензии с пигментом в зависимости от вида модификатора поликарбоксилатного типа

Наименование модификатора поликарбоксилатного типа	Содержание модификатора, % от массы портландцемента	Диаметр расплыва миниконуса, <i>D</i> , мм	Диаметр расплыва миниконуса через 1 час, <i>D</i> , мм
Египетский белый портландцемент Aalborg CEM I 52,5 N			
Без модификатора	0	37	37
MC-PowerFlow 6955	0,4	139	61
MC-PowerFlow 7951		195	154
MC-PowerFlow 3100		153	70
Полипласт ПК тип S		83	51
Турецкий белый портландцемент Adana CEM I 52,5 R			
Без модификатора	0	33	35
MC-PowerFlow 6955	0,4	95	41
MC-PowerFlow 7951		138	110
MC-PowerFlow 3100		129	65
Полипласт ПК тип S		75	67
Российский белый портландцемент Holcim DecoCem ЦЕМ I 52,5 Н			
Без модификатора	0	31	29
MC-PowerFlow 6955	0,4	85	49
MC-PowerFlow 7951		120	79
MC-PowerFlow 3100		70	61
Полипласт ПК тип S		50	43

При анализе данных, представленных в табл. 1, следует отметить высокий начальный расплыв цементной суспензии с модификаторами поликарбоксилатного типа MC-PowerFlow 7951 и MC-PowerFlow 3100. Модификатор MC-PowerFlow 7951 в большей мере адсорбируется на цементных зернах, обеспечивая лучшую подвижность, в результате чего растекаемость цементной суспензии с применением египетского

белого портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N выше и составляет 154 мм по сравнению с MC-PowerFlow 3100, где расплыв конуса равен 70 мм. Модификаторы Полипласт ПК тип S и с MC-PowerFlow 6955 показывают более низкие пластифицирующие свойства в приведенных цементных суспензиях, кроме того, в течение часа теряют свою эффективность.

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют о том, что введение модификатора поликарбоксилатного типа MC-PowerFlow 7951 в смесь в количестве 0,4 % от массы египетского портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N является наиболее эффективным.

Авторами рассмотрена возможность использования отходов камнеобработки в качестве заполнителей, что отвечает современным требованиям по экологически чистым энерго- и ресурсосберегающим технологиям. Исследования [14–17] показывают, что использование отходов дробления мрамора вместо природных материалов в производстве бетона является экономически выгодным и сокращает вред, наносимый окружающей среде данной промышленной отраслью.

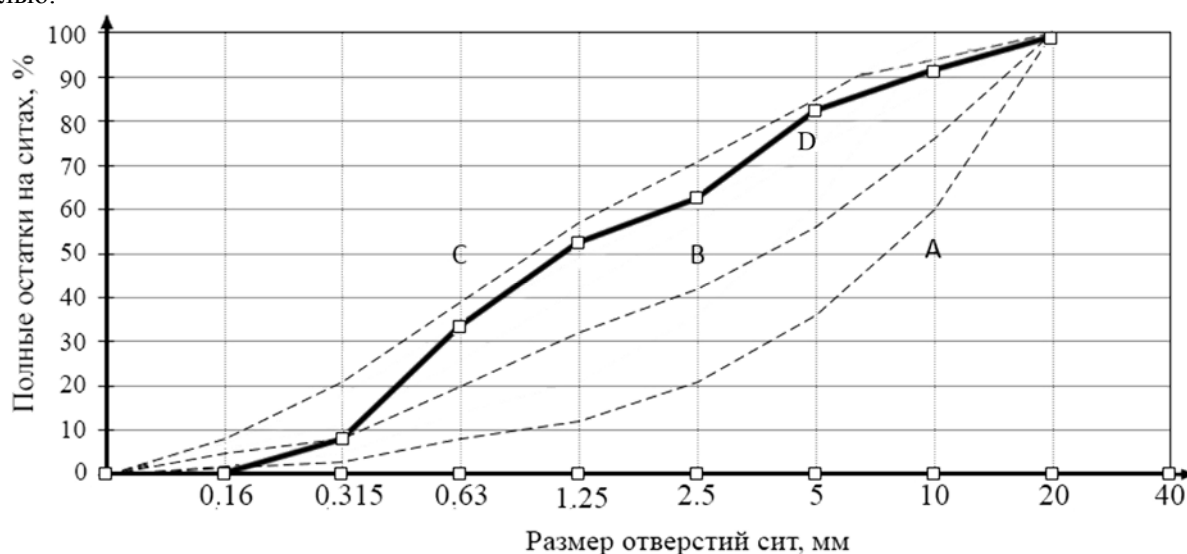


Рис. 4. Рассчитанный и эталонный гранулометрические составы исходных компонентов:
А) нижняя граница погрешности; В) оптимальная кривая распределения; С) верхняя граница погрешности;
D) расчетный состав

Для оценки влияния количественного содержания фотолюминесцентного пигмента в составе декоративного бетона на основе белого портландцемента на основные физико-механические характеристики изделий, были изготовлены образцы бетона с заданной удобоукладываемостью. Физико-механические характеристики контрольного состава и составов декоративного бетона на основе белого портландцемента с разной дозировкой фотолюминесцентного пигмента представлены в табл. 2.

По результатам испытаний можно сделать вывод о том, что при условии введения фотолюминесцентного пигмента до 10 % от массы портландцемента и соблюдения $В/Ц \leq 0,45$ (табл. 2, составы 2 и 3), прочность на сжатие и марка по морозостойкости образцов светящегося архитектурно-декоративного бетона соответствуют ха-

Эффективным методом проектирования оптимального соотношения компонентов разного фракционного состава и приближения гранулометрического состава смеси к эталонной кривой распределения является метод сложения эмпирических распределений частиц исходных компонентов с возможностью изменения их объемных (или массовых) долей в смеси.

Для определения оптимального гранулометрического состава в качестве основного критерия рассматривалась величина расхождения рассчитанного гранулометрического состава смеси компонентов и эталонного гранулометрического состава, выраженного оптимальной кривой распределения (рис. 4).

характеристикам бетона без пигмента. Это подтверждает возможность получения изделий, обладающих эффектом свечения и имеющих физико-механическими характеристиками, соответствующими условиям эксплуатации.

Исходя из полученных данных следует, что цвет портландцемента оказывает влияние на свечение готового изделия: серый цвет портландцемента приглушает эффект свечения - поэтому при введении пигмента очень сложно добиться яркости свечения, которая достигается при использовании белого портландцемента при одинаковой дозировке фотолюминесцентного пигмента. Поэтому для производства светящегося бетона рекомендуется использовать белый портландцемент. Последующие эксперименты проводились на Египетском белом портландцементе Aalborg CEM I 52.5 N.

Таблица 2

Результаты испытаний контрольного состава и составов декоративного бетона на основе белого портландцемента с разной дозировкой фотолюминесцентного пигмента

Со- став	Количество фотолюминес- центного пигмента, % от массы портландцемента	В/Ц	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа в возрасте, сут.		Марка по морозо- стойкости
				7	28	
1	0	0,42	2363	41,5	55,3	F ₁ 200
2	5	0,40	2363	40,4	55,0	F ₁ 200
3	10	0,45	2360	39,8	54,9	F ₁ 200
4	15	0,45	2350	20,5	32,3	F ₁ 100
5	20	0,44	2364	18,4	28,5	F ₁ 100

Выводы. Декоративность бетонных образцов оценена тремя основными показателями: цветом, текстурой и фактурой, которые включают в себя проявление на поверхности декоративного бетона строения заполнителя, степень развития рисунка, степень проявления структуры, свечение, текстуру поверхности и т.д. Свечение образца с белым портландцементом составляет 2,5 Лк, у образца на сером портландцементе свечение отсутствует, с применением цветных пигментов свечение составило 0,11 Лк. В связи с чем изделия из белого портландцемента с применением фотолюминесцентного пигмента и отходов камнедробления мрамора следует отнести к высокодекоративным бетонам.

Также выявлено, что фотолюминесцентный пигмент работает интенсивнее при зарядке более холодной цветовой температурой в 6500 К относительно более теплой 3000 К в 5,2...6,91 раза.

Подобрана оптимальная дозировка модификатора поликарбоксилатного типа MC-PowerFlow 7951, составляющая 0,4 % от массы египетского портландцемента Aalborg CEM I 52,5 N при количестве фотолюминесцентного пигмента 5 % от массы вяжущего.

Применение бетона в современной строительной индустрии определяется не только его технологическими, эксплуатационными и экономическими характеристиками, но и архитектурно-декоративной выразительностью и экологической целесообразностью. Разработанный состав архитектурно-декоративного бетона с применением белого портландцемента (CEM I 52,5 N), фракционированных отходов дробления мрамора, модификатора поликарбоксилатного типа и фотолюминесцентного пигмента, позволяет получать изделия, характеризующиеся высокими физико-механическими и архитектурно-декоративными характеристиками с эффектом свечения, отвечающие современным экологическим требованиям и расширяющие спектр функционального применения в современном строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yan Li, Shuxia Ren. Building Decorative Materials. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2011, pp. 10–24.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика // 2-е изд-ие, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.
3. Калашников, В.И. Бетоны старого и нового поколений. Состояние и перспективы // Наука: 21 век. 2012. №1. С 60–67.
4. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малюкова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сборнике: Научно-технологические и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347–353.
5. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Яковлева Е.А., Корякина А.А. Декоративные элементы как способ эстетического осмысления пространства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 7–13.
6. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Milkina A.S. Improving New Generation Concretes (NGCs) by Introducing Technogenic Materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018.
7. Патент РФ на изобретение № 2017119537, 05.06.2017. Способ внедрения фотолюминесцентных пигментов в изделия из декоративного бетона // Патент России № 2668596. 2017. Бюл. № 28. / Столяров И.В., Шукурлаев Е.А.
8. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. К вопросу о разработке единой методики по оценке декоративности бетона // Международная научно-практическая конференция. Брянск. С. 120–126.
9. Арцукевич И.М. Получение светопроводящего бетона // Наука и образование сегодня. 2017. №12(23).
10. Леденева Г.Л., Воронов В.В. Люмобетон и метод естественной спектакулярности // Бизнес и дизайн ревю. 2019. № 3 (15). С. 10.

11. Тарасов В.Н., Гусев Б.В., Петрунин С.Ю., Короткова Н.П., Гарновесов А.П. Оценка эффективности применения поликарбоксилатных суперпластификаторов для производства бетона // Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2018, Т.4, №1.

12. Liu J., Ran Q., Miao C., Qiao M. Effects of Grafting Densities of Comb-Like Copolymer on the Dispersion Properties of Concentrated Cement Suspensions // Materials Transactions. 2012. Vol. 53. Pp. 553–558.

13. Леденев А.А., Усачев С.М., Перцев В.Т., Рудаков О.Б. Повышение эффективности применения химических добавок для бетонов на основе поликарбоксилатов // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство И Архитектура. 2013. № 2(30). С. 49–54.

14. Nizina T.A., Balykov A.S., Korovkin D.I., Volodin V.V. Modified fine-grained concretes based

on highly filled self-compacting mixtures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.

15. Kharkhardin A., Suleimanova L., Strokova V. Topological properties of polydispersed mixtures and fractions consisting of them according by results of particle-size distribution with sieve and laser analysis // Proceedings of higher educational institutions. Construction. 2012. №11-12. pp. 114–124.

16. Alyousef R., Soussi C., Benjeddou O., Khadimallah A. New technique for mixing self-compacting concrete with marble sludge grout // The 6th international colloquium E3D 2018 "Water, Waste and Sustainable Development". 2018.

17. Погорелов В.А. Влияние гранулометрического состава бетонной смеси на структурное преобразование бетонной прочности // Вестник МГСУ. 2010. №1. С. 200–206.

Информация об авторах

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительства и городского хозяйства. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Малюкова Марина Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: arbetlab@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Рябчевский Игорь Сергеевич, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: kloud09@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Корякина Алина Александровна, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: alinakoryakina.arch@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Левшина Дарья Эдуардовна, студент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: darya.levshina@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 09.06.2020 г.

© Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э., 2020

***Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Ryabchevskiy I.S., Koryakina A.A., Levshina D.E.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru*

ILLUMINATED CONCRETE USING ROCK CRUSHING WASTE

Abstract. Luminous products are obtained from architectural and decorative concrete using photoluminescent pigment, formed in various positions and any configuration that does not lose their architectural expressiveness over a long period of operation. The use of products with a glow effect provides increased safety at night and is an additional means of signaling on dangerous and worst-lit sections of roads, parking lots, bicycle paths. Optimally selected materials and the method of surface treatment of products provide decorativeness of small architectural forms in the daytime. The compositions of architectural and decorative concrete are designed and the influence of the quantitative content of photoluminescent pigment on the main physico-mechanical characteristics is evaluated. The rheological properties of cement suspensions and architectural

and decorative concrete based on them are studied, and the decorativeness and luminescence of products with photoluminescent pigment are evaluated according to the methods developed by the authors. The resulting recommended composition of glowing architectural and decorative concrete with using white Portland cement CEM I 52.5 N, fractionated marble crushing waste, modifier of polycarboxylate type and photoluminescent pigment, allows to obtain the products with a glow effect, high architectural, decorative and physico-mechanical characteristics.

Keywords: decorative concrete, photoluminescent pigment, stone crushing waste, marble, luminous concrete.

REFERENCES

1. Yan Li, Shuxia Ren. Building Decorative Materials. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2011, pp. 10–24.
2. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice [Modificirovannye betony. Teoriya i praktika]. 2nd ed., Rev. and add. M.: Stroyizdat, 1998. 768 p.
3. Kalashnikov, V.I. Old and new generation concretes. State and prospects [Modificirovannye betony. Teoriya i praktika]. Science: 21st century. 2012. No. 1. Pp. 60–67.
4. Suleimanova L.A., Gridchin A.M., Malyukova M.V., Morozova T.V. Increasing the architectural expressiveness of concrete sidewalk slabs [Povyshenie arhitekturnoj vyrazitel'nosti plit betonnykh trotuarnykh]. In the collection: Science-intensive technologies and innovations Anniversary International Scientific and Practical Conference dedicated to 60th anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov (XXI scientific readings). 2014. Pp. 347–353.
5. Suleimanova L.A., Malyukova M.V., Pogorelova I.A., Yakovleva E.A., Koryakina A.A. Decorative elements as a way of aesthetic understanding of space [Dekorativnye elementy kak sposob esteticheskogo osmysleniya prostranstva]. Bulletin of BSTU im. V.G. Shukhov. 2016. No. 6. Pp. 7–13.
6. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Milkina A.S. Improving New Generation Concretes (NGCs) by Introducing Technogenic Materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018.
7. Stolyarov I.V., Shukurlaev E.A. 2019 Method of introducing photoluminescent pigments into decorative concrete products [Sposob vnedreniya fotoluminescentnykh pigmentov v izdeliya iz dekorativnogo betona]. Patent of the Russian Federation no. 2017119537. Bul. No. 28.
8. Suleimanova L.A., Malyukova M.V., Koryakina A.A. On the development of a unified technique for assessing the decorativeness of concrete [K voprosu o razrabotke edinoj metodiki po ocenke dekorativnosti betona]. International scientific and practical conference. Bryansk. Pp. 120–126.
9. Artsukevich I.M. Obtaining light-conducting concrete [Poluchenie svetoprovodnyashchego betona]. Science and education today. 2017. No. 12 (23).
10. Ledeneva G.L., Voronov V.V. Lumobeton and the method of natural spectacularity [Lyumobeton i metod estestvennoj spektakulyarnosti]. Business and design revue. 2019. No. 3 (15). Pp. 10.
11. Tarasov V.N., Gusev B.V., Petrunin S.Yu., Korotkova N.P., Garnevozov A.P. Evaluation of the effectiveness of the use of polycarboxylate superplasticizers for the production of concrete [Oценка effektivnosti primeneniya polikarboksilatnykh superplastifikatorov dlya proizvodstva betona]. Bulletin of Science and Education of the North-West of Russia. 2018. Vol.4. No. 1.
12. Liu J., Ran Q., Miao C., Qiao M. Effects of Grafting Densities of Comb-Like Copolymer on the Dispersion Properties of Concentrated Cement Suspensions. Materials Transactions. 2012. Vol. 53. Pp. 553–558.
13. Ledenev A.A., Usachev S.M., Pertsev V.T., Rudakov O.B. Increasing the effectiveness of the use of chemical additives for concrete based on polycarboxylates [Povyshenie effektivnosti primeneniya himicheskikh dobavok dlya betonov na osnove polikarboksilatov]. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction And Architecture. 2013. No. 2 (30). Pp. 49–54.
14. Nizina T.A., Balykov A.S., Korovkin D.I., Volodin V.V. Modified fine-grained concretes based on highly filled self-compacting mixtures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.
15. Kharkhardin A., Suleimanova L., Strokova V. Topological properties of polydispersed mixtures and fractions consisting of them according by results of particle-size distribution with sieve and laser analysis. Proceedings of higher educational institutions. Construction. 2012. No. 11-12. Pp. 114–124.
16. Alyousef R., Soussi C., Benjeddou O., Khadimallah A. New technique for mixing self-compacting concrete with marble sludge grout. The 6th international colloquium E3D 2018 "Water, Waste and Sustainable Development". 2018.
17. Pogorelov V.A. Influence of granulometric composition of concrete mixture on structural transformation of concrete strength [Vliyanie granulometricheskogo sostava betonnoj smesi na

strukturnoe preobrazovanie betonnoj prochnosti].
Vestnik MGSU. 2010. No. 1. Pp. 200–206.

Information about the authors

Suleymanova, Lyudmila A. DSc, Professor. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Maliukova, Marina V. Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor. E-mail: arbetlab@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ryabchevskiy, Igor S. Assistant. E-mail: kloud09@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Koryakina, Alina A. Postgraduate student. E-mail: alinakoryakina.arch@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Levshina, Darya E. Student. E-mail: darya.levshina@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 09.06.2020

Для цитирования:

Сулейманова Л.А., Малоюкова М.В., Рябчевский И.С., Корякина А.А., Левшина Д.Э. Светящиеся декоративные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-8-16

For citation:

Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Ryabchevskiy I.S., Koryakina A.A., Levshina D.E. Illuminated concrete using rock crushing waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-8-16

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-17-21

Логанина В.И.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*E-mail: loganin@mail.ru

НАДЕЖНОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы надежности контроля качества строительных материалов и изделий. Структурная схема надежности контроля строительных материалов представлена как комбинация последовательно соединенных технологических операций. Цель работы – оценить нормативную обеспеченность контроля качества производства строительных материалов и изделий. Представлена структурная схема контроля качества бетонных блоков для стен подвалов. На примере блоков бетонных для стен подвалов приведена оценка нормативной обеспеченности показателей качества продукции. Установлено, что обеспеченность качества блоков бетонных для стен подвалов ФБС, если все параметры производства и показатели качества соответствуют требованиям нормативных документов и условию: математическое ожидание находится в середине поля допуска на продукцию и в поле допуска находятся $\pm 3\sigma$ составляет 0,9576, а вероятность появления брака – 4,238 %. Рассмотрено влияние разброса показателей на обеспеченность качества. Выявлено, что при возрастании значения среднеквадратического отклонения до значения, что в поле допуска находятся $\pm 2,5\sigma$, обеспеченность качества уменьшается и составляет 0,8092, а вероятность появления брака – 19,08 %. Показано, что повышению качества изделий будет способствовать применение на предприятии методологии «шесть сигм».

Ключевые слова: контроль продукции, обеспеченность качества, структурная схема надежности, вероятность брака.

Введение. Проблема повышения качества строительных материалов и изделий является одной из актуальных. Реализация потребителю некачественной продукции приводит к неблагоприятным социальным и экономическим последствиям, а также напрямую связана с безопасностью населения. Обеспечение поступления на рынок качественной продукции связано с соблюдением требований нормативных документов на эту продукцию [1]. Однако, существующая в настоящее время система контроля качества строительных материалов и изделий, предусматривающая проведение входного, операционного и приемочного контроля, не предусматривает оценку достоверности контроля показателей качества продукции [2–4].

Одним из методов, часто используемых при анализе рисков технических и технологических систем, является метод структурной схемы надежности (ГОСТ Р 51901.14-2005). Общие принципы оценки риска технологических систем регламентированы ГОСТ Р 51901-2002 "Управление надежностью. Анализ риска технологических систем". Метод позволяет строить модели технической и технологической систем и оценивать вероятности возможных благоприятных и неблагоприятных событий.

Технологический процесс производства строительных материалов и изделий может быть представлен моделью, включающей:

- входные параметры;
- влияющие регулируемые параметры;

- влияющие нерегулируемые параметры;
- выходные параметры.

Под входными параметрами понимаются параметры сырья, материалов и комплектующих изделий, из которых производится продукция. Под влияющими регулируемыми параметрами понимаются параметры и показатели состояния технологического оборудования, энергии, технологические параметры (температура и влажность, время обработки и т.д.). Под влияющими нерегулируемыми параметрами понимаются параметры, имеющие случайную природу и оказывающих влияние на технологический процесс. Сюда относятся износ оборудования, колебания температуры дисциплинарные нарушения и т.д. Именно параметры этой группы вызывают те значительные колебания в показателях точности и стабильности технологических процессов, которые, в свою очередь, вызывают колебания в качестве производимой продукции [5–8].

Под выходными параметрами понимаются показатели качества продукции: функциональные параметры, эксплуатационные показатели или потребительские свойства [9].

Для определения соответствия или несоответствия фактического состояния производства требованиям нормативных документов проводят проверку:

- соответствия показателей и основных характеристик продукции требованиям нормативной документации;

- соответствия технологических процессов её изготовления;
- проверку материалов, сырья.

Структурную схему надежности контроля строительных материалов можно представить как комбинацию последовательно соединенных элементов [10–12]. Вероятность безотказной работы системы контроля с последовательным соединением элементов при независимости их отказов $P(t)$ равна произведению вероятностей безотказной работы элементов:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t) \dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) \quad (1)$$

где p_i – вероятность безотказной работы i -го элемента; n – количество последовательно соединенных элементов; t – время работы.

Технологический процесс изготовления продукции должен обеспечивать необходимую точность и стабильность [13–15]. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования) изложены в нормативном документе Р 50-601-20-91 «Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования)».

Оценка точности и стабильности технологических процессов производится с использованием полученных выборочных статистических

характеристик через сопоставление их с установленным в научно-технической документации полем допуска Δ на параметр [16–18]:

$$K = \frac{6\sigma}{\Delta} \quad (2)$$

где Δ – поле допуска на параметр; σ – среднее квадратическое отклонение в фиксированный момент времени t_1 .

При правильной настройке технологического процесса математическое ожидание должно соответствовать середине поля допуска Δ , задаваемого в нормативно-технической документации на продукцию верхней и нижней границами T_v и T_n . При этом в поле допуска находятся $\pm 3\sigma$.

Материалы и методы. Рассмотрим структурную схему надежности бетонных блоков для стен подвалов ФБС в соответствии с ГОСТ 27.202-83 «Надежность в технике (ССНТ). Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции». Контроль производства включает входной, операционный и приемочный. На рис. 1 приведены структурная схема контроля блоков бетонных для стен подвалов ФБС (ГОСТ 13579-2018 Блоки бетонные для стен подвалов).



Рис. 1. Структурная схема контроля качества бетонных блоков

Вероятность безотказной работы была рассчитана в соответствии с формулой (1).

Результаты. В табл. 1 приведены значения надежности контроля качества продукции при различном соотношении среднеквадратического отклонения σ в поле допуска Δ .

Установлено, что надежность контроля качества блоков ФБС, если все параметры производства и показатели качества соответствуют условию: математическое ожидание находится в

середине поля допуска m на продукцию и в поле допуска находятся $\pm 3\sigma$, составляет 0,9576, а вероятность появления брака – 4,238%. Если разброс показателей увеличивается и в поле допуска находятся $\pm 2,5\sigma$, надежность контроля качества составляет 0,8092, а вероятность появления брака – 19,08%. Если на каком-то этапе (входной, операционный или приемочный) контроля в поле допуска находятся $\pm 2,5\sigma$, то надежность

контроля качества составляет от 0,89 до 0,92, а вероятность появления брака – от 7,91 до 11,91%.

Повышению качества изделий будет способствовать применение на предприятии методологии «шесть сигм», предусматривающей в том

числе уменьшение числового значения среднеквадратического отклонения σ [19-20]. Результаты расчета показывают, что если в поле допуска находятся $\pm 4\sigma$, то вероятность появления брака составляет 0,128%.

Таблица 1

Надежность контроля показателей качества блоков при различных состояниях производства

Вид контроля	Надежность контроля качества блоков при условии, что в поле допуска находятся			Надежность контроля качества блоков при условии, что в поле допуска находятся при входном контроле	Надежность контроля качества блоков при условии, что в поле допуска находятся при операционном контроле	Надежность контроля качества блоков при условии, что в поле допуска находятся при приемочном контроле
	$\pm 3\sigma$	$\pm 2,5\sigma$	$\pm 4\sigma$			
Входной	0,9812	0,9164	0,9994	0,9164	0,9812	0,9812
Операционный	0,9892	0,9513	0,9996	0,9892	0,9513	0,9892
Приемочный	0,9866	0,9282	0,9996	0,9866	0,9866	0,9282
Итого	0,9576	0,8092	0,9987	0,8943	0,9209	0,90
Вероятность брака, %	4,238	19,08	0,128	10,571	7,91	10

Выводы. Установлено, что при соблюдении требований нормативной документации надежность контроля показателей качества блоков бетонных для стен подвалов составляет 0,9576, а вероятность появления брака 4,238 %.

Выявлено, что уменьшение числового значения среднеквадратического отклонения до такого значения, что в поле допуска находятся $\pm 4\sigma$, приводит к повышению надежности контроля качества до 0,9987 и снижению вероятности появления брака до 0,128%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логанина В.И., Карпова О.В., Макарова Л.В. Управление качеством на предприятиях стройиндустрии. Москва: АСВ, 2008. 215 с.
2. Omair A. Sample size estimation and sampling techniques for selecting a representative sample. J. Health Spec. 2014. 2. Pp. 142–147.
3. Ramsey C.A., Hewitt A.D. A methodology for assessing sample representativeness. Scandinavian. Journal of Statistics. 2014. 41 (2). Pp. 277–290.
4. Kruskall W., Mosteller F. Representative sampling. Int. Stat. Rev. 1979. 47. Pp. 13–24.
5. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов. Москва : Издательство Юрайт, 2020. 479 с.
6. Шиндловский Э., Щюрц О. Статистические методы управления качеством. Москва: Мир, 1976. 598 с.
7. Song P.S., Wu J.C., Hwang S., Sheu B.C. Assessment of statistical variations in impact resistance of high-strength concrete and high-strength steel fiber-reinforced concrete. Cement and Concrete Research, 2005. 35(2). Pp. 393–399.
8. Адлер Ю.П., Розовский Б.Л. Оперативное статистическое управление качеством. Москва: Знание, 1984. 102 с.
9. Bartlett F.M. Precision of in-place concrete strengths predicted using core strength correction factors obtained by weighted regression analysis. Structural Safety. 1997. 19(4). Pp. 397–410.
10. Серых В.И., Порватов С.П., Сединин В. И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты // Методы менеджмента качества. 2010. №5. С. 48–52.
11. Логанина В.И., Круглова А.Н. Достоверность контроля качества строительных материалов и изделий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 16–18.
12. Логанина В.И. К вопросу о регулировании технологических процессов производства бетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 3-4 (603-604). С. 42–45.

13. Рубичев Н.А., Фрумкин В.Д. Достоверность допускового контроля качества. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 172 с.

14. Хаммельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. Москва: Мир. 1973. 957 с.

15. Loganina V.I., Skachkov Yu.P., Lesovik V.S. Quality Control of Building Materials According to Uncertainty of Measurement and Stability of the Technological Process of Production. Solid State Phenomena. 2019. 299. Pp. 1161–1165.

16. Lin M., Lucas H.C., Shmieli G. Research commentary: Too big to fail: large samples and the p-value problem. Inform. Syst. Res., 2013. 24, Pp. 906–917.

17. Kruskall W., Mosteller F. Representative sampling. Int. Stat. Rev. 1979. 47. Pp. 13–24.

18. Болдырев И.В., Селиванова Т.Я., Шевелева В.И. Управление рисками и возможностями в испытательной лаборатории // Стандарты и качество. 2018. №12. С. 4–12.

19. Фрумкин В.Д., Рубичев Н.А., Котляр А.Б. Достоверность контроля средств радиоизмерений и контрольные допуски. Москва: Изд-во стандартов, 1975. 86 с.

20. Логанина В.И. Организация статистического приемочного контроля качества строительных изделий и конструкций // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 98–99.

Информация об авторах

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и технология строительного производства». E-mail: loganin@mail.ru. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028 Пенза, ул. Германа Титова, 28.

Поступила 29.09.2020 г.

© Логанина В.И., 2020

Loganina V.I.

Penza State University of Architecture and Construction

E-mail: loganin@mail.ru

RELIABILITY OF QUALITY CONTROL OF BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

Abstract. The article deals with the issues of reliability of quality control of building materials and products. The structural diagram of the reliability of control of building materials is presented as a combination of series-connected technological operations. The purpose of the work is to assess the regulatory security of quality control of the production of building materials and products. The block diagram of quality control of concrete blocks for basement walls is presented. On the example of concrete blocks for basement walls, an assessment of the normative provision of product quality indicators is given. It has been established that the quality assurance of concrete blocks for FBS basement walls if all production parameters and quality indicators meet the requirements of regulatory documents and the condition: the mathematical expectation is in the middle of the product tolerance field and $\pm 3\sigma$ in the tolerance field is 0.9576, and the probability the appearance of marriage - 4.238%. The influence of the spread of indicators on the quality assurance is considered. It is found that with an increase in the value of the standard deviation to a value that is within the tolerance range of $\pm 2.5\sigma$, the quality assurance decreases and amounts to 0.8092, and the probability of the appearance of defects is 19.08 %. It is shown that the application of the Six Sigma methodology at the enterprise will contribute to improving the quality of products.

Keywords: product control, quality assurance, structural diagram of reliability, probability of rejection

REFERENCES

1. Loganina V.I., Karpova O.V., Makarova L.V. Quality management at construction industry enterprises [Upravlenie kachestvom na predpriyatiyah strojindustrii: monografiya]. Moscow: ASV, 2008. 215 p. (rus)

2. Omair A. Sample size estimation and sampling techniques for selecting a representative sample. J. Health Spec. 2014. 2. Pp. 142–147.

3. Ramsey C.A., Hewitt A.D. A methodology for assessing sample representativeness. Scandinavian Journal of Statistics. 2014. 41 (2). Pp. 277–290.

4. Kruskall W., Mosteller F. Representative sampling. Int. Stat. Rev. 1979. 47. Pp. 13–24.

5. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics: textbook for universities [Gmurman, V. E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnik dlya vuzov]. Moscow: Yurayt Publishing House. 2020. 479 p. (rus)

6. Shindlovsky E., Shchurts O. Statistical methods of quality management [Statisticheskie metody upravleniya kachestvom: monografiya]. Moscow: Mir, 1976. 598 p. (rus)

7. Song P.S., Wu J.C., Hwang S., Sheu B.C. Assessment of statistical variations in impact resistance of high-strength concrete and high-strength steel fiber-reinforced concrete Cement and Concrete Research, 2005. 35(2). Pp. 393–399.
8. Adler Yu.P., Rozovsky B.L. Operational statistical quality management [Operativnoe statisticheskoe upravlenie kachestvom: monografiya]. Moscow: Knowledge, 1984. 102 p. (rus)
9. Bartlett F.M. Precision of in-place concrete strengths predicted using core strength correction factors obtained by weighted regression analysis. Structural Safety. 1997. 19(4). Pp. 397–410.
10. Serykh V.I., Porvatov S.P., Sedinin V.I. Multiparametric control of products: reliability and costs [Mnogoparametricheskij kontrol' produkcii: dostovernost' i zatraty]. Methods of quality management. 2010. No. 5. Pp. 48–52.
11. Loganina V.I., Kruglova A.N. Reliability of quality control of building materials and products [Dostovernost' kontrolya kachestva stroitel'nyh materialov i izdelij]. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2014. No. 2. Pp. 16–18 (rus)
12. Loganina V.I. On the issue of regulation of technological processes of concrete production [K voprosu o regulirovanii tekhnologicheskikh processov proizvodstva betona]. Izvestia of higher educational institutions. Building. 2009. No. 3–4 (603–604). Pp. 42–45 (rus)
13. Rubichev N.A., Frumkin V.D. Reliability of tolerance quality control [Dostovernost' dopuskovogo kontrolya kachestva: monografiya]. Moscow: Publishing house of standards, 1990, 172 p. (rus)
14. Hammelblau D. Analysis of processes by statistical methods [Analiz processov statisticheskimi metodami: monografiya]. Moscow: Mir, 1973. 957 P. (rus)
15. Loganina V.I., Skachkov Yu.P., Lesovik V.S. Quality Control of Building Materials According to Uncertainty of Measurement and Stability of the Technological Process of Production. Solid State Phenomena. 2019. 299. Pp. 1161–1165.
16. Lin, M., Lucas, H.C., Shmieli, G. Research commentary: Too big to fail: large samples and the p-value problem. Inform. Syst. Res. 2013. 24. Pp. 906–917.
17. Kruskal W., Mosteller F. Representative sampling. Int. Stat. Rev. 1979. 47. Pp. 13–24.
18. Boldyrev I.V., Selivanova T.Ya., Sheveleva V.I. Risk and Opportunity Management in a Testing Laboratory [Upravlenie riskami i vozmozhnostyami v ispytatel'noj laboratorii]. Standards and Quality. 2018. No. 12. Pp. 4–12. (rus)
19. Frumkin V.D., Rubichev N.A., Kotlyar A.B. Reliability of control of radio measuring instruments and control tolerances [Dostovernost' kontrolya sredstv radioizmerenij i kontrol'nye dopuski: monografiya]. Moscow: Publishing house of standards, 1975. 86 p. (rus)
20. Loganina V.I. Organization of statistical acceptance control of the quality of building products and structures [Organizaciya statisticheskogo priemchnogo kontrolya kachestva stroitel'nyh izdelij i konstrukcij]. Stroitel'nye materialy. 2008. No. 8. Pp. 98–99 (rus)

Information about the authors

Loganina, Valentina I. DSc, Professor of the Department of Quality Management and Construction Production Technology. E-mail: loganin@mail.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028 Penza, German Titovst., 28.

Received 29.09.2020

Для цитирования:

Логанина В.И. Надежность контроля качества строительных материалов и изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 17–21. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-17-21

For citation:

Loganina V.I. Reliability of quality control of building materials and products. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 17–21. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-17-21

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-22-31

*Арипов Д.Н., Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

*E-mail: architector-1992@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ЛИСТОВЫХ ФАСОНКАХ РЕШЕТЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПУЛТРУЗИОННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ПРОФИЛЕЙ (ПСП)

Аннотация. Опыт проектирования показывает, что узловым соединениям элементов конструкций следует уделять особое внимание. Внедрение новых узловых соединений требует разработки методик их расчета с учетом особенностей свойств, структуры и поведения материалов в различных условиях нагружения. Многие исследования посвящены узловым соединениям элементов из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП) под прямым углом. Анализ технической литературы показывает, что соединения с усилиями, действующими под углом, малоизучены и нуждаются в дополнительных численных и экспериментальных исследованиях. Конструктивная форма, принятая для исследования – решетчатая конструкция, элементы решетки которой примыкают к поясам под различными углами. В статье рассмотрены различные виды узловых соединений элементов из ПСП в решетчатой конструкции. При расчете узлового соединения элементов из ПСП учтены особенности материала: нелинейность упругих деформаций, однородность, характеристики каждого составляющего компонента в отдельности. В работе приведено сравнение расчетов по отечественным и зарубежным методикам. Установлено, что учет особенностей материала приводит к экономии материала, обеспечивая при этом требуемые прочность и деформативность.

Ключевые слова: узловое соединение, пултрузия, стеклопластик, решетчатая конструкция, прочность, деформативность, болтовое соединение.

Введение. Термин «композит» используется для обозначения полимеров, армированных волокнами (ПАВ), материалов с различными физико-механическими характеристиками. Объединение

двух базовых материалов (волокна и матрицы) (рис.1) не гарантирует реализацию конечного продукта, характеризующегося суммой свойств отдельных материалов, и достижение общего улучшенного конечного продукта [1].

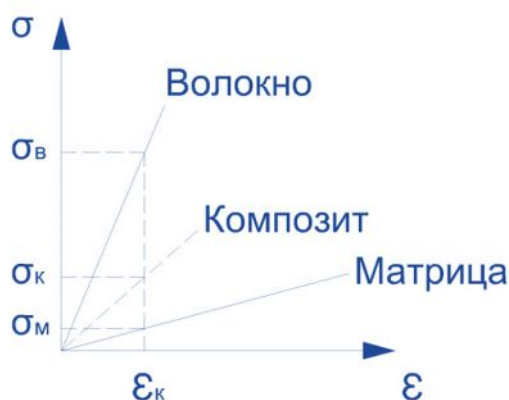


Рис. 1. Диаграмма σ - ϵ при растяжении композита, волокна и матрицы

На рис.1 показано снижение механических свойств волокон, вызванное наличием и взаимодействием с матрицей. В результате матрица оказывается необходимой для получения конструктивного элемента, так как она создает непрерывность между волокнами, передает приложенные силы волокнам, гарантирует передачу усилий от волокна к волокну через его сдвиговую жесткость, защищает волокна от локальных повреждений и химических агрессивностей, и определяет форму профилей в процессе полимеризации.

Механические свойства композита зависят исключительно от реакции структуры армированных волокон [2]. Полимерная матрица ПАВ показывает поведение материала линейно упругого типа вплоть до его разрушения при растяжении, в общем случае характеризуется хрупким разрушением с пониженной деформационной способностью, отсутствием текучести или пластичности фаз.

Определяющим законом композиционного материала для конструктивных элементов явля-

ется упруго-хрупкий с ортотропным механическим поведением, в частности анизотропным и поперечным поведением (слабая плоскость), в которой преобладают матричные механические характеристики [3]. Главная ось z , которая соответствует направлению продольных волокон, задает анизотропное условие, в то время как слой

мата определяется короткими волокнами, случайно связанными на плоскости (рис.2). Ориентация волокон и их структура являются определяющими факторами для механических и эксплуатационных характеристик композиционного материала.

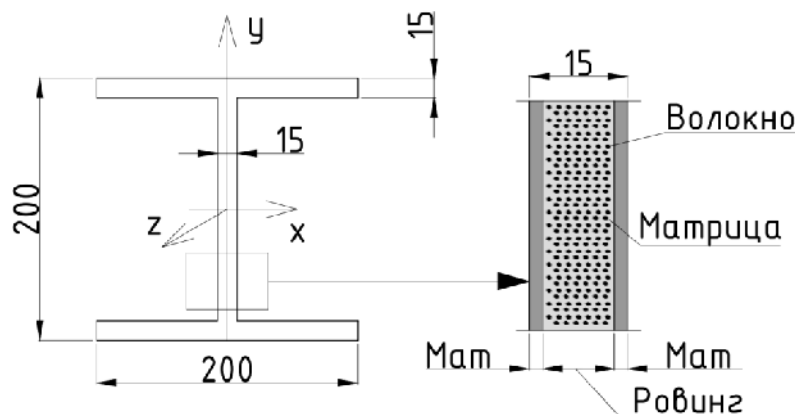


Рис. 2. Пултрузионный стеклопластиковый профиль (ПСП) в разрезе

ПАВ являются прогрессивными материалами, которые имеют несколько преимуществ по сравнению с традиционными материалами [4]. Сегодня применение ПАВ набирает обороты не только в авиастроении, судостроении, ветроэнергетике, но и в строительстве [5]. Композиты активно применяются в усилении железобетонных конструкций, а композитные профили применяются не только во вспомогательных конструкциях, но и в несущих конструкциях [6]. Наиболее распространенными в мировом строительстве и доступными на Российском рынке композитов являются однонаправленные армированные стеклопластики [7]. Анализ физико-механических характеристик стеклопластика показывает, что по уровню предельных напряжений вдоль волокон (направление пултрузии) они близки к стали, а по характеру и внутренней структуре к древесине [8].

Последние два десятилетия многие исследования были посвящены узловым соединениям элементов из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП) [9-13]. Узловые соединения из ПСП выполняются болтовыми, клеевыми или клее-механическими [14]. Как правило, узловое соединение выполняется при помощи верхних и нижних накладок или уголками. Несущая способность узлового соединения элементов из ПСП подвержена влиянию таких факторов, как высокая концентрация напряжений вблизи отверстий под болты, отсутствие площадки текучести, и снижение прочности из-за характерных отказов, как смятие, растяжение по сечению нетто, сдвиг, скалывание. Несущая способность конструкций

из ПСП часто ограничивается узловыми соединениями. Изучение реальной работы узлового соединения играет важную роль и нуждается в исследовании.

Экспериментальные исследования показывают, что начальная жесткость узлового соединения определяется соединительными элементами, которые выполняются из пултрузионных стеклопластиковых уголков, а не стальными болтами. Несущая способность стальных болтов в узловых соединениях элементов из ПСП выше, чем соединяемых элементов. Полное разрушение соединительных элементов на болтах характеризуется хрупким разрушением материала, форма которого зависит как от относительной прочности каждого элемента, так и от конфигурации соединения. Такие соединения малоизучены и нуждаются в дополнительных численных и экспериментальных исследованиях.

Конструктивная форма, принятая для исследования – решетчатая конструкция, элементы решетки которой примыкают к поясам под различными углами. При этом такая форма хорошо согласуется со свойствами однонаправленного пултрузионного стеклопластика, так как в фермах элементы преимущественно работают на восприятие продольных усилий.

Настоящая работа посвящена численным исследованиям узлового соединения элементов из ПСП в решетчатых конструкциях на листовых фасонках. В нормах проектирования для упрощения процесса конструирования узлового соединения фасонки изготавливаются из пластинчатого металла. Применение листовой фасонки

можно встретить в работе [15]. При этом реализована треугольная ферма пролетом 19 м, узловое соединение элементов из ПСП выполнялось болтовым. Допускается заменять стальные фасонки на композитные [16] после предварительных численных и экспериментальных исследований, подтверждающих возможность выполнения предусмотренных функций принятым узловым решением в течение всего периода эксплуатации конструкции.

Материалы и методы. На данный момент отсутствуют общепринятые стандарты по расчету и проектированию конструкций из ПСП на уровне российских СП или американских Code. Имеющиеся документы являются рекомендациями отдельных производств или стандартами различных ассоциаций. Наибольшее распространение получил американский «Pre-Standard for Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures» (далее Pre-Standard), опубликованный в 2010 г. на основе накопленных за 30 лет результатов исследований. Уже несколько лет в разработке находится отечественный СП «Конструкции из полимерных композитных пултрузионных профилей». Из отечественных документов стоит отметить «Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций из ПСП производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит» (далее – Руководство), разработанное в 2016-2017 гг. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко для предприятия ООО «Татнефть-Пресскомпозит».

Расширение области применения решетчатых конструкций из ПСП требует разработки расчетных моделей и методов, учитывающих особенности структуры и поведения этих материалов в различных условиях нагружения [17]. При решении общих задач строительных конструкций, чтобы облегчить работу, принято рассматривать эти материалы сплошными, однородными и линейно-упругими. При разработке новых узловых соединений в рамках данной работы учтены особенности материала, такие как нелинейность упругих деформаций, однородность, характеристики каждого составляющего компонента в отдельности.

В работе [18] рассмотрен частный случай трапецевидной фермы пролетом 12 м и приведен статический расчет от постоянных и временных нагрузок. Для исследования несущей способности листовой фасонки из ПСП рассматривается узел верхнего пояса (узел «А») [18], где раскосы примыкают к поясу под различными углами. При различных сочетаниях нагрузок (постоянная нагрузка + снег на весь пролет; постоянная нагрузка + снег на пол пролета) возникают в раскосах усилия сжатия. Верхний пояс в узле не имеет стыка (неразрезный) и при наличии внешней нагрузки в узле болты крепления фасонки к поясу работают на равнодействующую нагрузки R и разности усилий примыкающих к узлу панелей пояса ($\Delta N = N_2 - N_1$), которая распределяется между болтами прикрепления. В первом варианте направление волокон листовой фасонки совпадает с осью верхнего пояса (рис.3).

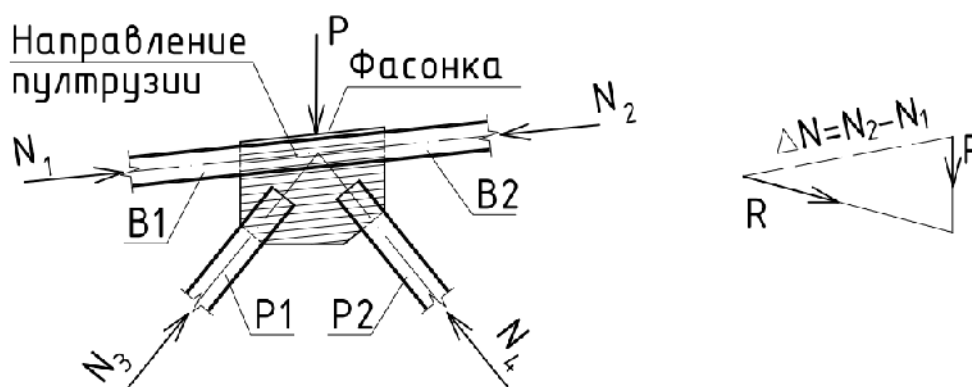


Рис. 3. Определение усилия, передаваемого через фасонку на пояса (Вариант 1): N_1 – усилие в верхнем поясе B1; N_2 – усилие в верхнем поясе B2; ΔN – разность усилий в поясах; N_3 – усилие в раскосе P1; N_4 – усилие в раскосе P2

В табл. 1 приведены результаты расчетов несущей способности болтовых соединений согласно Руководства.

Согласно Руководства:

S_{bp} – несущая способность материала профилей на смятие; S_{nt} – несущая способность материала профилей на растяжение, S_{LT} – несущая способность материала профилей на срез; S_{cl} – несущая способность материала профилей на скалывание.

Таблица 1

Несущая способность болтовых соединений согласно Руководства по Варианту 1

Элемент	Усилие в элементе, кН	S_{bp} , кН	S_{nt} , кН	S_{LT} , кН	S_{cl} , кН	S_{min} , кН	Диаметр болта	Количество болтов
Верхний пояс В1-В2	24,5	9,72 на один болт	111,36	54	—	38,88	M18	4
Раскос P1	25,24	4,54 на один болт	31,11	110,4	—	31,11	M18	8
Раскос P2	17,48	4,54 на один болт	31,11	110,4	—	31,11	M18	8

Основная часть. В первом варианте листовая фасонка выполнена методом замены, так как этот метод более распространенный и не требует поиска новых конструктивных решений. Данный метод основан на замене материалов в конструктивных схемах без модернизации конструкции. Равнодействующая R (рис. 3) по величине меньше, чем усилие в раскосе P1 на 3 %. Во вто-

ром варианте (рис. 4) авторами предложена листовая фасонка с направлением пултрुзии по оси раскоса P1. В данном случае применяется метод адаптации: материал меняется на композит с последующей модернизацией конструкции, направленной на учет свойств и особенностей нового материала. В табл. 2 приведены результаты расчетов несущей способности болтовых соединений согласно Руководства.

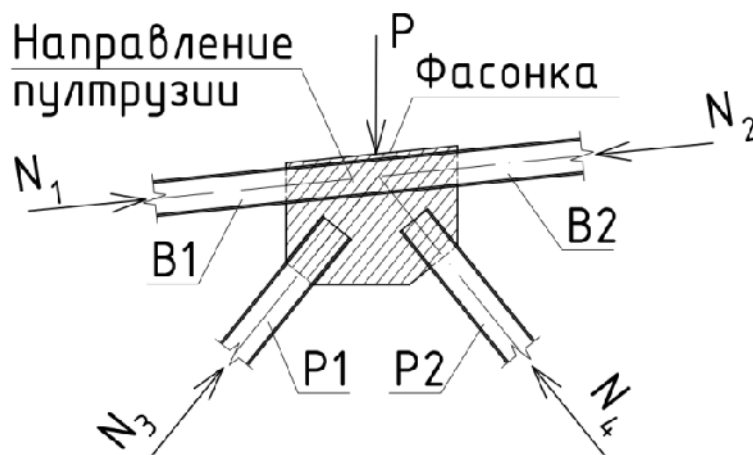


Рис. 4. Листовая фасонка с направлением пултрузии по оси раскоса P1 (Вариант 2): N_1 — усилие в верхнем поясе B1; N_2 — усилие в верхнем поясе B2; ΔN — разность усилий в поясах; N_3 — усилие в раскосе P1; N_4 — усилие в раскосе P2

Таблица 2

Несущая способность болтовых соединений согласно Руководства по Варианту 2

Элемент	Усилие в элементе, кН	S_{bp} , кН (на один болт)	S_{nt} , кН	S_{LT} , кН	S_{cl} , кН	S_{min} , кН	Диаметр болта	Количество болтов
Верхний пояс В1-В2	24,5	4,54	31,11	110,4	—	31,11	M18	8
Раскос P1	25,24	9,72	111,36	54	—	38,88	M18	4
Раскос P2	17,48	4,54	31,11	110,4	—	31,11	M18	8

Расчет по второму варианту показал, что количество болтов почти не отличается от первого варианта. Можно сделать вывод, что в независимости от направления волокон, в случае применения цельных листовых фасонки, количество

болтов практически не будет отличаться. В третьем варианте предложена реализация листовой фасонки из отдельных частей, где направление пултрузии отдельных частей направлены по оси раскосов (рис. 5). На данные решения авторами получены патенты на изобретение РФ [19–21].

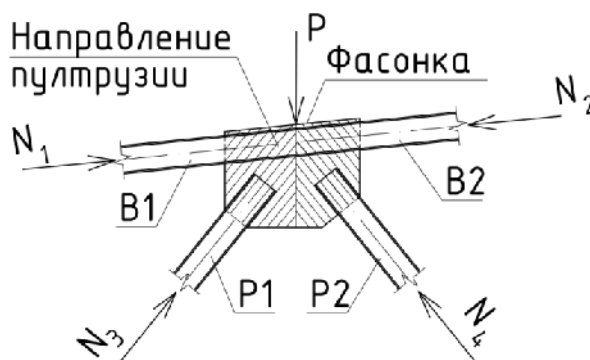


Рис. 5. Листовая фанка из ПСП из отдельных частей (Вариант 3): N_1 – усилие в верхнем поясе B1; N_2 – усилие в верхнем поясе B2; ΔN – разность усилий в поясах; N_3 – усилие в раскосе P1; N_4 – усилие в раскосе P2

В табл. 3 приведены результаты расчетов несущей способности болтовых соединений согласно Руководства.

Таблица 3

Несущая способность болтовых соединений согласно Руководства по Варианту 3

Элемент	Усилие в элементе, кН	S_{bp} , кН (на один болт)	S_{nt} , кН	S_{LT} , кН	S_{cl} , кН	S_{min} , кН	Диаметр болта	Количество болтов
Верхний пояс B1-B2	24,5	4,54	31,11	110,4	—	31,11	M18	8
Раскос P1	25,24	9,72	111,36	54	—	38,88	M18	4
Раскос P2	17,48	9,72	111,36	54	—	38,88	M18	4

Из табл. 3 видно, что количество болтов по сравнению с другими вариантами меньше на 20 %, и при этом обеспечивается несущая способность узлового соединения.

Усилие в многорядных болтовых соединениях, действующее в направлении шага s , может распределяться неравномерно между рядами болтов. Первый ряд болтов может воспринимать при смятии пропорционально большую долю от усилия в соединении. Болты в первом ряду, которые расположены максимально удалены от незагруженного конца элемента соединения, имеют гораздо более высокую концентрацию напряжений.

Распределение усилий между рядами болтами приведено в Pre-Standard. Значения приведены как для двухсторонних, так и для односторонних нахлесточных соединений. Значения получены из статического анализа конечноэлементной модели, которая предполагает, что одинаковые болты полностью соприкасаются с поверхностью отверстий такого же диаметра.

Согласно Pre-Standard в табл. 4 приведено распределение усилий между рядами болтов пропорционально величине усилия, действующего в соединении. Предполагается, что в каждом ряду одинаковое количество болтов, но не более трех, и что каждый болт в ряду воспринимает равную долю нагрузки, приходящейся на этот ряд.

Таблица 4

Распределение усилий в многорядных соединениях с двумя или тремя рядами болтов

Материалы соединения	Число рядов в соединении, n	Доля нагрузки на первый ряд соединения	Доля нагрузки на второй ряд соединения	Доля нагрузки на третий ряд соединения
ПАВ/ПАВ	2	0,5	0,5	—
ПАВ/Сталь	2	0,6	0,4	—
ПАВ/ПАВ	3	0,4	0,2	0,4
ПАВ/Сталь	3	0,5	0,3	0,2

Значения в табл. 4 не имеют достаточного подтверждения, но для случая трех рядов болтов и ПАВ элементов, они очень похожи со значениями, спрогнозированными аналитическим методом Mc Carthy.

В табл. 5 приведены результаты расчетов несущей способности болтовых соединений согласно Pre-Standard.

Таблица 5

Несущая способность болтовых соединений согласно Pre-Standard по Варианту 3

Элемент	Усилие в элементе, кН	Усилие на первый ряд болтового соединения, кН	R_{br} , кН (на один болт)	$R_{nt,f}$, кН (на первый ряд)	R_{sh} , кН (на первый ряд)	R_{min} , кН	Диаметр болта	Количество болтов
Верхний пояс В1-В2	24,5	9,8	3,5	12,25	22,89	28,0	M18	8
Раскос Р1	25,24	12,62	7,5	93,13	22,89	30,0	M18	4
Раскос Р2	17,48	8,74	7,5	93,13	22,89	30,0	M18	4

Для дальнейших исследований выбираем случай с фасонками из отдельных частей, как наиболее рациональный вариант. С целью определения напряженно-деформированного состояния листовой фасонки из отдельных частей в ПК «ANSYS» проведено компьютерное моделирование. Геометрия узлового соединения на листовой фасонке из отдельных частей, расположение метизов, приложение нагрузки моделировались в программном комплексе согласно аналитическому расчету. Зоны контакта между элементами решетчатой конструкции и листовой фасонкой моделировались контактом типа «Frictional». Данный тип контакта предполагает восприятие

сдвигающего усилия двумя контактирующими поверхностями вплоть до достижения им определенного значения, после чего они проскальзывают друг относительно друга. Величина вышеупомянутого значения сдвигающего усилия пропорциональна коэффициенту трения, принимаемому в нашем случае равным 0,1. Зоны контакта стальных болтов с элементами решетчатой конструкции и листовой фасонкой моделировалась контактом типа «Frictional». Разбиение расчетной модели на конечные элементы (количество объемных конечных элементов составило 117534) приведено на рис. 6.

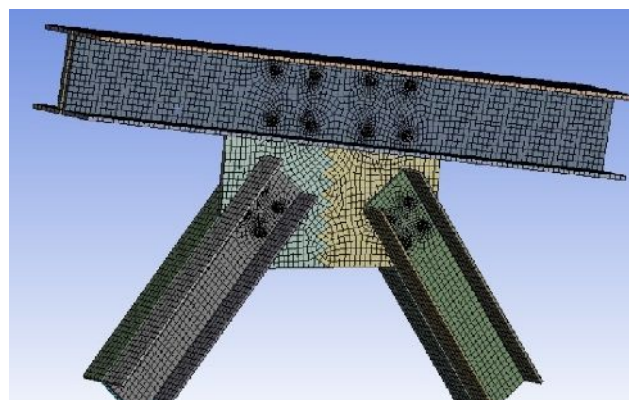
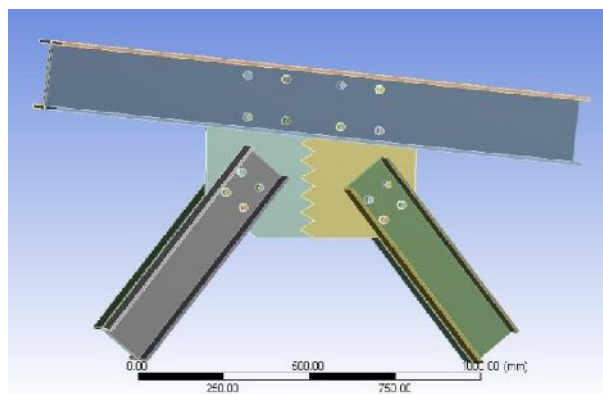


Рис. 6. Расчетная модель и разбиение расчетной модели на конечные элементы в ПК «ANSYS»

ANSYS Composite PrepPost (ACP) – дополнительная утилита ANSYS Workbench, интегрированная со стандартами особенности анализа. Весь рабочий процесс композита от проектирования до получения конечного продукта может быть выполнен в ACP. ACP имеет два режима: предварительная обработка и постобработка. В режиме предварительной обработки создается композитный материал и сопоставляется с геометрией (объемные КЭ). Данные из предварительной обработки переносятся в модель КЭ и

производится расчет. В режиме постобработки после завершения расчетов могут быть анализированы и визуализированы напряжения, деформации и различные виды критерии разрушения.

Мозаика эквивалентных напряжений в узле соединения приведена на рис. 7. Как показало компьютерное моделирование, применение отдельных фасонки приводит к уменьшению напряжений в узловом соединении.

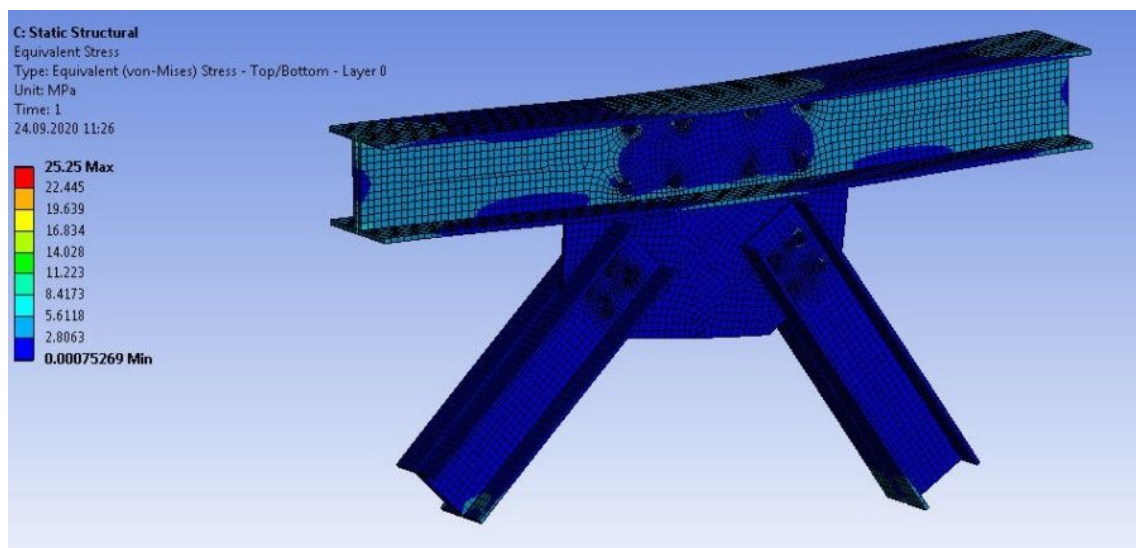


Рис. 7. Мозаика эквивалентных напряжений в узле соединения

Выводы.

1. Показано, что в случае применения цельных листовых фасонки для рассмотренной трапециевидной фермы в независимости от направления волокон количество болтов практически не отличается.

2. При наличии в решетчатой конструкции раскосов и неразрезного верхнего пояса в узле целесообразно применять листовые фасонки из отдельных частей, в которых направление пултрузии направлено по оси раскосов.

3. Можно предположить, что в других случаях (раскосы с разными знаками усилия) отдельные фасонки могут быть соединены между собой по типу «ласточкин хвост» для лучшего восприятия растягивающих усилий в фасонке.

4. Выполнено компьютерное моделирование узла соединения трапециевидной фермы с листовой фасонкой из отдельных частей. Разработана конечно-элементная расчетная модель с учетом направления волокон композиционного материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ушаков А.Е., Кленин Ю.Г., Сорина Т.Г., Хайретдинов А.Х., Сафонов А.А. Мостовые конструкции из композитов // Композиты и наноструктуры. 2009. № 3. С. 25–37.
2. Тиньков Д.В., Сафонов А.А. Оптимальное проектирование композитных ферменных мостовых конструкций // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. №1. С. 55–62.
3. Raghunathan M.D., Senthil R., Palani G.S. On the tensile capacity of Single-bolted Connections between GFRP Angles and Gusset Plates-Testing and Modelling // KSCE Journal of Civil Engineering. Vol. 21. № 6. 2016. Pp. 2259–2272. DOI: 10.1007/s12205-016-1102-4.

4. Каюмов Р.А., Луканин С.А., Паймушин В.Н., Холмогоров С.А. Идентификация механических характеристик армированных волокнами композитов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. Науки. 2015. Т.157. Кн. 4. С.112–132.

5. Boscato G., Russo S., Mottram J.T. Design and free vibration of a large temporary roof FRP structure for the Santa Maria Paganica church in L'Aquila // Proc., 6th Int. Conf. on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2012), IIFC (International Institute for FRP in Construction), Kingston, ON, Canada. 2012.

6. Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Арипов Д.Н., Фахрутдинов А.Э. Разработка и экспериментальные исследования конструкций навеса над трибунами из пултрузионных стеклопластиковых профилей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. №9 (729). С. 96–108. DOI: 10.32683/0536-1052-2019-729-9-96-108.

7. Boscato G., Mottram J.T., and Russo S. Dynamic response of a sheet pile of fiber-reinforced polymer for waterfront barriers // J. Compos. Constr. 2011. Pp. 974–984. DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000231.

8. Scott D.W., Anwar J. Effect of temperature of the short-term and long-term behaviour of single-pin-bearing connections in pultruded FRP composites // Proc., 8th Int. Conf. on Advanced Composites in Construction (ACIC 2017), NetComposites Ltd., Chesterfield, UK. 2017. Pp. 54–59.

9. Turvey G.J., Wang P. Failure of Pultruded GRP Single-bolt tension joints under Hot-wet conditions // Compos. Struct. Vol. 77. № 4. 2007. Pp. 514–520.

10. Russo S. Damage assessment of GFRP pultruded structural elements // Compos. Struct. Vol. 96. 2013. Pp. 661–669.

11. Feroldi F., Russo S. Structural behavior of all-FRP beam-column plate-bolted joints // J. of

Composites for Construction. Vol. 20. № 4. 2016. Article Number: 04016004. DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000667.

12. Qureshi J., Mottram J.T. Moment-rotation response of nominally pinned beam-to-column joints for frames of pultruded fibre reinforced polymer // Constr. Build. Mater. Vol. 77. № 2. 2015. Pp. 396–403.

13. Turvey G.J. Experimental and analytical investigation of two- and six-plate bonded splice joints on serviceability limit deformations of pultruded GFRP beams // Composite Structures. Vol. 111. 2014. Pp. 426–435.

14. Turvey G.J. and Wang P. Thermal preconditioning study for bolted tension joints in pultruded GRP plate // Compos. Struct. Vol. 77. № 4. 2007. Pp. 509–513.

15. Фахрутдинов А.Э., Арипов Д.Н. Несущие конструкции сооружений из пултрузионных стеклопластиковых профилей: сб. ст. II Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения» // ВИАМ. Москва, 2017. С. 281–294.

16. Qureshi J., Mottram J.T. Behavior of pultruded beam-to-column joints using steel web cleats

// Thin-Walled Struct. Vol.73. № 12. 2013. Pp. 48–56.

17. Boscato G., Russo S. Free vibrations of a pultruded GFRP frame with different rotational stiffness of bolted joints // Mech. Compos. Mater. Vol. 48. № 6. 2013. Pp. 655–668.

18. Арипов Д.Н., Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А. Несущая способность листовых фасонков из пултрузионного стеклопластика в решетчатых конструкциях // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 8. С. 1115–1125. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1115-1125

19. Кузнецов И.Л., Арипов Д.Н. Патент РФ № 2019129357, 17.09.2019. Узловое соединение стеклопластиковых профилей в решетчатой конструкции // Патент России №2715787

20. Кузнецов И.Л., Арипов Д.Н. Патент РФ № 2019129358, 17.09.2019. Узловое соединение стеклопластиковых профилей при помощи листовых фасонков в решетчатой конструкции // Патент России №2725382

21. Кузнецов И.Л., Арипов Д.Н. Патент РФ № 2020113732, 03.04.2020. Центральный узел верхнего пояса двускатной фермы из стеклопластика // Патент России №2731553

Информация об авторах

Арипов Далер Насимович, аспирант кафедры металлических конструкций и испытаний сооружений. E-mail: architector-1992@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ). Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д.1.

Кузнецов Иван Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры металлических конструкций и испытаний сооружений. E-mail: kuz377@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ). Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д.1.

Салахутдинов Марат Айдарович, кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и испытаний сооружений. E-mail: Lider-kazann@yandex.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ). Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д.1.

Поступила 04.11.2020 г.

© Арипов Д.Н., Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., 2020

***Aripov D.N., Kuznetsov I.L., Salakhutdinov M.A.**
Kazan State University of Architecture and Engineering
*E-mail: architector-1992@mail.ru

IMPROVEMENT OF NODE CONNECTIONS ON PULTRUSION FIBERGLASS GUSSET PLATES IN FRAME STRUCTURE

Abstract. The design experience shows that special attention should be paid to node connections of structural elements. The introduction of new node connections requires the development of methods for their calculation taking into account the properties, structure and behavior of materials under various loading conditions. Various studies are devoted to node connections of elements from pultruded GFRP at right angles. Analysis of the technical literature shows that compounds with forces acting at an angle are poorly studied and require additional numerical and experimental studies. The structural form adopted for the study is a frame structure elements of which are adjacent to the belts at various angles. The article considers various

types of node connections of pultruded GFRP elements in a frame structure. When calculating the node connection of pultruded GFRP elements the following material features are taking into account: nonlinearity of elastic deformations, uniformity and characteristics of each component separately. The paper presents a comparison of calculations by domestic and foreign techniques. It is established that taking into account the material features leads to material savings, while providing the required strength and deformability.

Keywords: node connection, pultrusion, fiberglass, frame structure, strength, deformability, bolted connection.

REFERENCES

1. Ushakov A.E., Klenin Y.G., Sorina T.G., Khayretdinov A.H., Safonov A.A. Composites for bridge structures [Mostovye konstruksii iz kompozitov]. Composites and nanostructures. 2009. No.3. Pp. 25–37. (rus)
2. Tinkov D.V., Safonov A.A. Optimal design of composite truss bridge structures [Optimal'noe proektirovanie kompozitnykh fermennykh mostovykh konstruksiy]. Problems of mechanical engineering and reability of machines. 2017. No.1. Pp. 55–62. (rus)
3. Raghunathan M.D., Senthil R., Palani G.S. On the tensile capacity of Single-bolted Connections between GFRP Angles and Gusset Plates-Testing and Modelling. KSCE Journal of Civil Engineering. Vol. 21.No. 6. 2016. Pp. 2259–2272. DOI: 10.1007/s12205-016-1102-4.
4. Katumov R.A., Lukankin V.N., Paimushin S.A., Kholmogorov S.A. Identification of mechanical properties of Fiber-Reinforced Composites [Identifikatsiya mekhanicheskikh kharakteristik armirovannykh voloknami kompozitov]. Seriya Fiziko-Matematicheskiye Nauki. 2015. Vol. 157. No. 1. Pp. 112–132. (rus)
5. Boscato G., Russo S., Mottram J.T. Design and free vibration of a large temporary roof FRP structure for the Santa Maria Paganica church in L'Aquila // Proc., 6th Int. Conf. on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2012), IIFC (International Institute for FRP in Construction), Kingston, ON, Canada. 2012.
6. Kuznetsov I.L., Salakhutdinov M.A., Aripov D.N., Fakhrutdinov A.E. Development and experimental studies structures of the canopy over the stands from pultruded glass fiber reinforced profiles [Razrabotka i eksperimental'nie issledovaniya konstruksiy navesa nad tribunami iz pultruzionnykh srekloplastikovikh profiley]. News of Higher Educational Institutions. Construction. 2019. No. 9. Vol.729. Pp. 96–108. DOI: 10.32683/0536-1052-2019-729-9-96-108. (rus)
7. Boscato G., Mottram J.T., Russo S. Dynamic response of a sheet pile of fiber-reinforce polymer for waterfront barriers. J. Compos. Constr. 2011. Pp. 974–984. DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000231.
8. Scott D.W., Anwar J. Effect of temperature of the short-term and long-term behaviour of single-pin-bearing connections in pultruded FRP composites. Proc., 8th Int. Conf. on Advanced Composites in Construction (ACIC 2017), NetComposites Ltd., Chesterfield, UK. 2017. Pp. 54–59.
9. Turvey G.J., Wang P. Failure of Pultruded GRP Single-bolt tension joints under Hot-wet conditions. Compos. Struct. Vol. 77. No. 4. 2007. Pp. 514–520.
10. Russo S. Damage assessment of GFRP pultruded structural elements. Compos. Struct. Vol. 96. 2013. Pp. 661–669.
11. Feroldi F., Russo S. Structural behavior of all-FRP beam-column plate-bolted joints. J. of Composites for Construction. Vol. 20. No 4. 2016. Article Number: 04016004. DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000667.
12. Qureshi J., Mottram J.T. Moment-rotation response of nominally pinned beam-to-column joints for frames of pultruded fibre reinforced polymer. Constr. Build. Mater. Vol. 77. No 2. 2015. Pp. 396–403.
13. Turvey G.J. Experimental and analytical investigation of two- and six-plate bonded splice joints on serviceability limit deformations of pultruded GFRP beams. Composite Structures. Vol. 111. 2014. Pp. 426–435.
14. Turvey G.J., Wang P. Thermal preconditioning study for bolted tension joints in pultruded GRP plate. Compos. Struct. Vol. 77. No 4. 2007. Pp. 509–513.
15. Fakhrutdinov A.E., Aripov D.N. Bearing structures of structure made of pultruded fiberglass profiles [Nesushie konstruksii sooruzheniy iz pultruzionnykh stekloplastikovikh profiley]. Polymer composite materials and production technologies of a new generation: collection of articles of the II All-Russian Scientific and Technical Conference. 2017. Pp. 281–294. (rus)
16. Qureshi J. and Mottram J.T. Behavior of pultruded beam-to-column joints using steel web cleats. Thin-Walled Struct. Vol.73. No 12. 2013. Pp. 48–56.
17. Boscato G., Russo S. Free vibrations of a pultruded GFRP frame with different rotational stiffness of bolted joints. Mech. Compos. Mater. Vol. 48. No 6. 2013. Pp. 655–668.
18. Aripov D.N., Kuznetsov I.L., Salakhutdinov M.A. Bearing capacity of pultrusion fiberglass gusset sheets in frame structures [Nesushaya sposobnost' listovykh fasonok iz pultruzionnogo stekloplastika v reshchatikh konstruksiyakh]. Vestnik

MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2020. Vol.15. Iss.8. Pp. 1115–1125. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1115-1125. (rus)

19.Kuznetsov I.L., Aripov D.N. Patent RU No. 2019129357, 17.09.2019. Node connection of pultruded GFRP frame structure [Uzlovoe soedinenie stekloplastikovikh profiley v reshetchatoy konstruksii]. Patent of invention No. 2715787.

20.Kuznetsov I.L., Aripov D.N. Patent RU No. 2019129358, 17.09.2019. Node connection on gusset plate of pultruded GFRP frame structure

[Uzlovoe soedinenie stekloplastikovikh profiley pri pomoshi listovikh fasonok v reshetchatoy konstruksii]. Patent of invention No. 2725382.

21.Kuznetsov I.L., Aripov D.N. Patent RU No. 2020113732, 03.04.2020. Central node of the upper belt of the gable truss made of fiberglass [Central'niy uzel verkhnego poyasa dvuskatnoy fermi iz stekloplastika]. Patent of invention No. 2731553.

Information about the authors

Aripov, Daler N. Postgraduate student. E-mail: architector-1992@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Kuznetsov, Ivan L. DSc, Professor. E-mail: kuz377@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Salakhutdinov, Marat A. PhD. E-mail: Lider-kazann@yandex.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Received 04.11.2020

Для цитирования:

Арипов Д.Н., Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А. Совершенствование узловых соединений на листовых фасонках решетчатой конструкции из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 22–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-22-31

For citation:

Aripov D.N., Kuznetsov I.L., Salakhutdinov M.A. Improvement of node connections on pultrusion fiberglass gusset plates in frame structure. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 22–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-22-31

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-32-46

Маилян Л.Р., Стельмах С.А., *Щербань Е.М., Доценко Н.А.

Донской государственный технический университет

*E-mail: au-geen@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ И ВИБРОЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ КОНСТРУКТИВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ БЕТОНА

Аннотация. В данной статье поднимается один из популярных вопросов: оценка расчетов дифференциальных конструктивных показателей центрифугированного и виброцентрифугированного бетонов. Установлено, что на разного рода слои бетона кольцевого сечения в процессе центрифугирования и виброцентрифугирования оказывают влияние силы, которые отличаются друг от друга по величине воздействия, что приводит к абсолютно разным показателям слоев бетона по плотности, прочности, деформативности и модулю упругости. Отметим, что главными факторами, на которые стоит обратить внимание и использовать в расчетных зависимостях в качестве аргументов, являются центробежные и центростремительные силы. Поэтому, в расчетах общего вида, где принимается во внимание изменение конструктивных показателей бетона, в качестве функций целесообразно использовать именно конструктивные показатели или же их природу, а в качестве независимых переменных – силы инерции вращения, которые, в свою очередь, являются зависимостью расстояния от центра вращения и угловой скорости вращения. В итоге определены графически зависимости для расчета дифференцированного учета преобразований, требующихся для вычисления показателей бетона, что дает основания ввести в расчет конструкций отличающиеся по сечению прочностные и деформативные показатели бетона, и применять имеющиеся резервы несущей способности элементов.

Ключевые слова: центрифугированный бетон; виброцентрифугированный бетон; дифференциальные конструктивные характеристики; угловая скорость вращения.

Введение. Накопленный многочисленный опыт эксплуатации сборных железобетонных изделий и конструкций, изготовленных на предприятиях стройиндустрии, убеждает в преждевременном их разрушении в большинстве случаев несмотря на то, что сырье для получения бетона и его показатели полностью соответствовали предъявляемым требованиям к конструкциям и условиям эксплуатации.

Проанализировав источники, [1–16] авторы выявили закономерности и причины раннего разрушения таких конструкций, как стойки опор линий электропередачи, железобетонные шпалы и лотки оросительных каналов.

В результате проведенного анализа можно сделать акцент на причинах раннего разрушения конструкций, связанных с воздействием напряженно-деформированного состояния бетона, режима эксплуатации, цикличности замораживания и оттаивания в зимний период и водонасыщения и высушивания бетона в теплое время года.

В эксплуатационных условиях помимо напряжений от внешней нагрузки развиваются напряжения, обусловленные воздействием среды. Величина этих напряжений, обычно не учитываемая в расчетах, зависит от свойств бетона и интенсивности этих воздействий и может достигать значительных величин. Внутренние

напряжения суммируясь с однозначными напряжениями от эксплуатационной нагрузки при определенных условиях достигают предела прочности бетона на растяжение, что вызывает преждевременное появление дефектов.

Ряд опубликованных к настоящему времени работ по результатам исследований прочности железобетонных элементов в рассматриваемых условиях свидетельствует об отсутствии у исследователей единодушного мнения о степени влияния тех или иных вызывающих разрушение факторов, а предложенные мероприятия по повышению долговечности не имеют достаточной экспериментальной проверки сравнительной их эффективности [1–16].

Данные натурных и экспериментальных исследований позволяют считать, что локальный характер разрушения железобетонных элементов как в натурных, так и в лабораторных условиях, вызван совместным воздействием многократного замораживания и оттаивания и местных растягивающих напряжений, обусловленных характером взаимодействия арматуры с бетоном [8].

Для конкретных прогнозов долговечности и проектирования конструкций, подвергаемых в процессе эксплуатации переменным воздействиям окружающей среды, кроме изучения механизма разрушения элементов при таких воз-

действиях, необходимо установить количественные зависимости между конструктивными особенностями железобетонного изделия со свойствами бетона, из которого оно изготовлено.

В связи с этим необходимо первоочередное решение следующих вопросов:

- 1) выбор оптимальных видов арматуры с учетом профиля и диаметра;
- 2) выбор оптимальной степени предварительного напряжения в зависимости от вида арматуры;
- 3) разработка методики оценки профиля арматуры с точки зрения изготовления конструкции наибольшей прочности;
- 4) разработка эффективных мер по обеспечению необходимой прочности бетона в зонах анкеровки арматуры;
- 5) исследования влияния состава бетона на прочность железобетона с целью выбора оптимальных решений [3, 4, 9–16].

Центрифугирование, как способ уплотнения бетонной смеси, начало применяться с начала двадцатого века при производстве металлов и железобетонных изделий в форме элементов кольцевого сечения.

Слабое владение теорией метода производства изделий из бетона – центрифугирования – негативно отразилось на технологии изготовления широкого спектра изделий и конструкций, в частности колонн, труб, стоек опор линий электропередачи. Поэтому появилась потребность в изучении множества вопросов, связанных с технологией и рецептурой получаемых центрифугированием бетонных смесей, в частности структуры цементного теста и его реологических характеристик.

Подача бетонной смеси во вращающуюся форму может осуществляться порционно или же одноразово.

Влияние прессующего давления определенного значения способствует сохранению пластических свойств смеси и ее способности к однородному распределению по всей длине формы без разрушения бетона во время ее вращения.

Учитывая реологические свойства, сопротивление сжатию цементного камня зависит от количества свободной воды в нем: чем ее меньше, тем выше сопротивление.

Центробежная сила создает прессующее давление, значение которого различно по толщине стенки изделия (минимально у внутреннего слоя и максимально у внешнего слоя). Поэтому для уплотнения близлежащих к оси формы слоев величина прессующего давления должна увеличиваться даже после максимального уплотнения наружного слоя.

Процесс уплотнения при помощи центрифугирования способствует различиям в водоцементном отношении и пористости бетона по толщине стенки изделия.

Для выяснения характера и причин разрушения бетона, подвернутого действию внешних сил, большой интерес представляет исследование поведения материала от начала воздействия до разрушения. Такое описание поведения материала дают реологические методы и модели.

В процессе уплотнения бетонной смеси прессующее давление от центробежных сил неравномерно распределено по толщине стенки формируемого изделия. Соответственно этому происходит отжатие воды из отдельных зон бетона. В результате образуется материал-конгломерат с различной концентрацией зерен отдельных фракций в сечении и направленной пористостью (миграционные и фильтрационные потоки).

Нами по признаку однородности кольцевого сечения центрифугированного изделия условно разделено на три слоя, для которых установлены основные характеристики. Относительный объем каждого из рассматриваемых слоев и расчетные коэффициенты принимались с учетом опытных и литературных данных [17–21].

Известно, что большее количество структурных и капиллярных пор, являющихся основным источником пониженной прочности бетона, содержится в мелкозернистом конгломерате. Структурные поры в основном представлены фильтрационными потоками, количество и размер которых возрастает по мере приближения к внутренней полости изделия. Цементный камень характеризуется значительным объемом капиллярных пор, что не позволяет считать его прочным защитным слоем. Шлам, если его удаляют не полностью из полости, также не выполняет защитных функций, так как капиллярная пористость его в затвердевшем состоянии достигает 84 %.

Анализ технологий производства центрифугированных колонн показал, анизотропию структуры по толщине стенки сечения центрифугированных колонн. Вследствие этого при производстве центрифугированных изделий происходит возникновение во всех слоях бетона продольных трещин [1–8].

Причем, даже учитывая все качественные требования к сырьевым компонентам, изготовления бетонной смеси и применения рациональных производственных режимов центрифугирования, анизотропия и сопутствующие ей дефекты все равно имеют место быть.

Прочностные характеристики бетонов, полученных с помощью центрифугирования экспериментальных образцов желательнее исследовать в условиях, практически идентичных условиям изготовления реальных изделий и конструкций.

Прочностные и деформативные характеристики бетона значительно разнятся между слоями кольцевого сечения, например, большая сжимаемость и усадка характерны для внутреннего слоя. Большое влияние также оказывает и продолжительность твердения бетона: чем «старше» бетон, тем меньше различия в деформациях между слоями сечения.

Улучшить процесс структурообразования бетона, полученного центрифугированием, представляется возможным с помощью формования по слоям или же путем применения дополнительной вибрации во время центрифугирования бетона.

На сегодняшний момент изучение вариативных бетонных и железобетонных изделий и конструкций кольцевого сечения имеет уже довольно широкую область. Разнообразие силовых воздействий предопределяет поиск нетрадиционных видов расчета таких изделий и конструкций.

Известно, что получить бетоны с улучшенными структурой и характеристиками в сравнении с центрифугированием и вибрированием можно способом виброцентрифугирования.

Однако в немногочисленных работах по бетонным и железобетонным конструкциям кольцевого сечения исследовалось влияние вида технологии на дифференциальные (различающие по сечению) характеристики бетона. В то же время очевидно, что вследствие влияния центробежных и центростремительных сил инерции при центрифугировании и, тем более, при виброцентрифугировании характеристики бетона по сечению становятся различными и эти различия могут быть значительными.

В настоящей работе экспериментально и аналитически исследуются качественная и количественная картины таких различий в характеристиках бетонов, полученных по разным технологиям. Очевидно, что для расчетного учета этих различий понадобится ввести некие различные характеристики по сечению элементов. Введем с этой целью термин «дифференциальные характеристики бетона».

Известно, что на разного рода слои бетона кольцевого сечения в процессе центрифугирования и виброцентрифугирования оказывают влияние силы, которые отличаются друг от друга по величине воздействия, что приводит, в результате, к абсолютно разным показателям бетона слоев, прежде всего это относится к плотности, прочности, а также к модулю упругости [1–8].

Следует отметить, что главными факторами, на которые стоит обращать внимание и в дальнейшем использовать в расчетных зависимостях в качестве аргументов, являются центробежные и центростремительные силы.

Таким образом, в расчетных зависимостях общего вида, где принимается во внимание изменение конструктивных показателей бетона, в качестве функций целесообразно использовать именно конструктивные показатели или же их прирост (в абсолютных или относительных показателях), а в качестве независимых переменных – непосредственно силы инерции вращения, которые, в свою очередь, являются зависимостью расстояния от центра вращения и угловой скорости вращения.

Результатом решения данной задачи являются расчетные зависимости для дифференцированного учета преобразования всех требующихся для проведения вычислений показателей бетона, что предоставляет возможность ввести в расчет конструкций отличающиеся по сечению прочностные и деформативные показатели бетона, применив при этом уже существующие резервы несущей способности элементов.

Материалы и методы. Проанализировав источники [1–16] выявлено, что главной особенностью процесса центрифугированного уплотнения бетонной смеси является действие центробежных сил, которые пропорциональны расстоянию от оси вращения, квадрату угловой скорости и массе частиц:

$$F_{ц.с.} = \frac{4}{3g} \pi \cdot r_{к.з.}^3 \cdot \rho_{к.з.} \cdot l \cdot \omega^2 \quad (1)$$

где l – расстояние от оси вращения до центра частицы заполнителя, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; $r_{к.з.}^3$ – радиус частицы крупного заполнителя, м; $\rho_{к.з.}$ – плотность частиц крупного заполнителя, кг/м³; ω – угловая скорость вращения, рад/с:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (2)$$

где n – количество оборотов, рад/с.

Заметим, что чем больше радиус $r_{к.з.}$ и плотность $\rho_{к.з.}$ частицы, тем сильнее на неё воздействует центробежная сила (рис. 1). Именно поэтому, частицы распределяются по слоям изделия следующим образом: более крупные зерна передвигаются ближе к внешнему слою изделия, а более мелкие частицы распределяются, в основном, по внутреннему слою.

Необходимо также обратить внимание на более обобщенную формулу, по которой производится расчет центробежной силы, в ней $F_{ц.с.} = f(\omega, l)$:

$$F_{ц.с.} = m \cdot \omega^2 \cdot l \quad (3)$$

где m – масса вращающегося тела, кг; ω – угловая скорость вращения, рад/с; l – расстояние от центра оси вращения до центра частицы заполнителя, м.

Таким образом, важнейшее отличие центрифугированного бетона от вибрированного заключается в неоднородности распределения зерен крупного заполнителя по толщине сечения изделия, что оказывает влияние на расхождение характеристик различных слоев бетона – вариатранию сечения.

Особенно это относится к виброцентрифугированным бетонам, для которых вариатропия характерна в еще большей степени. В изделиях из виброцентрифугированного бетона концентрация частиц крупного заполнителя, а, следовательно, и прочности у внешних слоев еще больше.

Представленные факты являются доказательством того, что при расчетах необходимо учитывать различия как в прочности, так и в деформативности слоев бетона вариатропных сечений.

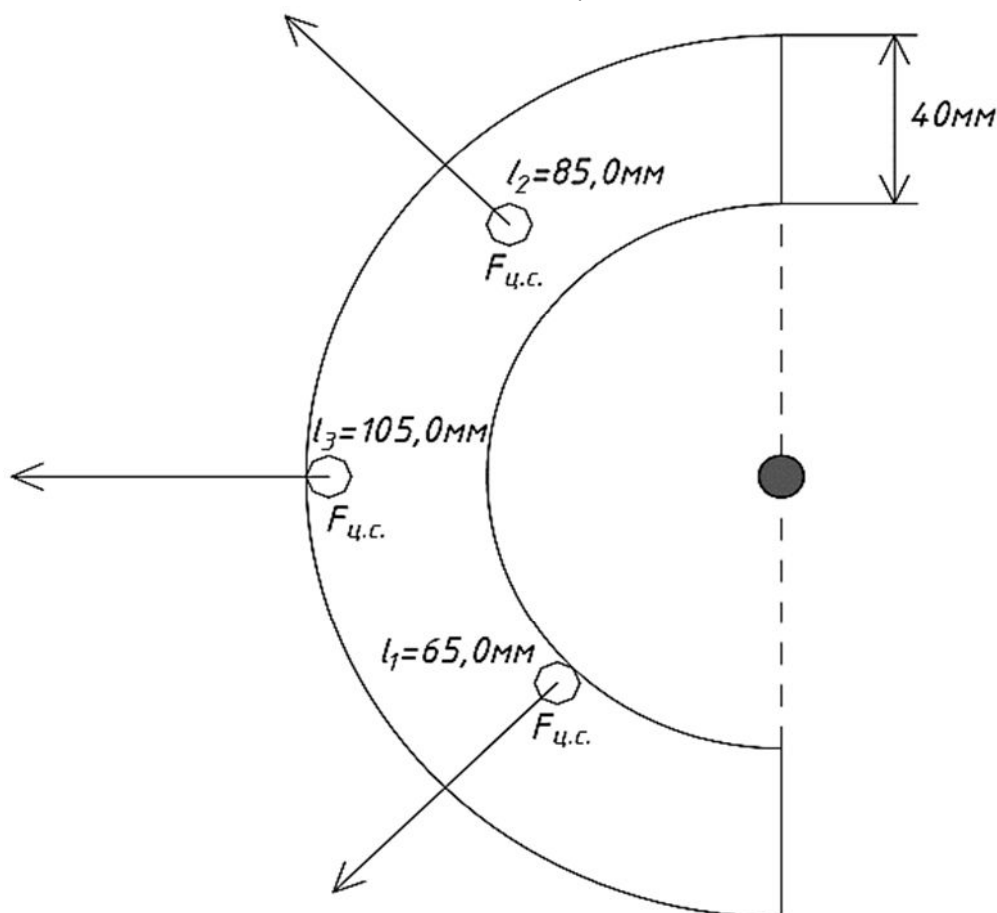


Рис. 1. Чертеж оказываемого воздействия центробежных сил на частицы крупного заполнителя по слоям изделия, произведенного методом центрифугирования

Основная часть. Для доказательства необходимо выполнить расчет воздействия центробежной силы на частицу. Для примера возьмем плотный (гранитный) заполнитель. Для того, чтобы получить величину центробежной

силы, которая действует на частицу гранита, необходимо принять во внимание в расчетах все имеющиеся первичные данные в формуле (1). В табл. 1 представлены результаты произведенного расчета:

Таблица 1

Основные параметры действующей центробежной силы

Радиус частиц крупного заполнителя, мм	Расстояние от центра вращения до центра частицы, м	Угловая скорость вращения, рад/с	Скорость вращения формы при центрифугировании об/мин	Давление на бетонную смесь, p кгс/см ²	Центробежная сила, действующая на частицу крупного заполнителя, Н
9,0	0,106	76	800	0,5	$294,4 \cdot 10^{-6}$
		149	1500	1,98	$1083,5 \cdot 10^{-6}$

Воспользуемся методом математического планирования эксперимента, для этого требуется принять полный факторный эксперимент ПФЭ 2^k . Опираясь на наши выводы [17–21], возьмем временной показатель центрифугирования 4,2 минуты. В табл. 2 приводятся данные факторов варьирования и их физический смысл.

За функцию отклика целесообразно принять следующие параметры:

- $Y_1 (X_1, X_2)$ – прочность на осевое сжатие, МПа;
- $Y_2 (X_1, X_2)$ – прочность на осевое растяжение, МПа;
- $Y_3 (X_1, X_2)$ – предельные деформации при осевом сжатии, мм/м;
- $Y_4 (X_1, X_2)$ – предельные деформации при осевом растяжении, мм/м;
- $Y_5 (X_1, X_2)$ – модуль упругости, МПа.

Таблица 2

Значение факторов варьирования ПФЭ 2^k

Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. изм.	Интервал варьирования	Уровни факторов		
				-1	0	+1
X_1	Расстояние от центра вращения до центра зерна	мм	± 40	80	130	180
X_2	Угловая скорость	рад/с	± 28	76	112	148

В итоге, опираясь на данные, полученные в результате проведенных экспериментов, методом наименьших квадратов, были составлены

базовые уравнения регрессии, представленные в виде полиномов 2-ой степени:

$$Y(X_1, X_2) = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_3 \cdot X_1 \cdot X_2 + B_4 \cdot X_1^2 + B_5 \cdot X_2^2 \quad (4)$$

Статистический анализ позволил определить следующие показатели: значимость коэффициентов, однородность дисперсий и адекватность, которая, в свою очередь, была подвергнута проверке по критерию Фишера.

Последовательность проведенных исследований и результаты параметров оптимизации были выбраны в соответствии с уже проведенными нами испытаниями, которые представлены в [17–21].

По расчетному значению критерия Стьюдента t установлена значимость коэффициентов уравнений. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью программы «Mathcad».

Теперь необходимо подставить в формулы для вычисления дифференциальных показателей вариатропных сечений центрифугированного и виброцентрифугированного бетонов полученные нами уравнения регрессии.

На рис. 2–7 мы продемонстрировали наглядное представление математических корреляций. Для примера был выбран средний слой центрифугированного и виброцентрифугированного бетонов.

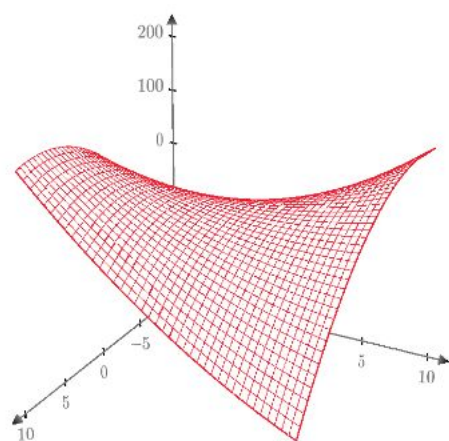
Выводы

1. На основе экспериментов доказано и теоретически обосновано, что в процессе центрифугирования и виброцентрифугирования на разного рода слои бетона кольцевого сечения оказывают воздействие силы, которые отличаются друг от друга по величине воздействия, что приводит к вариатропии и деформативности слоев бетона.

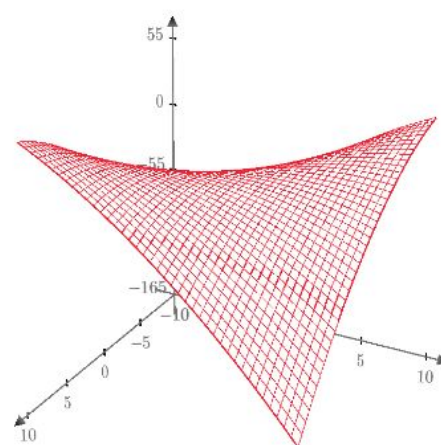
2. Установлено, что наибольшее влияние оказывают центростремительные и центробежные силы, значения которых зависят от таких параметров, как «расстояние от центра вращения» и «угловая скорость вращения».

3. Чтобы оценить дифференциальные показатели бетона в процессе центрифугирования и виброцентрифугирования нами были использованы расчетные зависимости общего вида, в которых в качестве функций приняты конструктивные показатели бетона, а в качестве независимых переменных – силы инерции вращения.

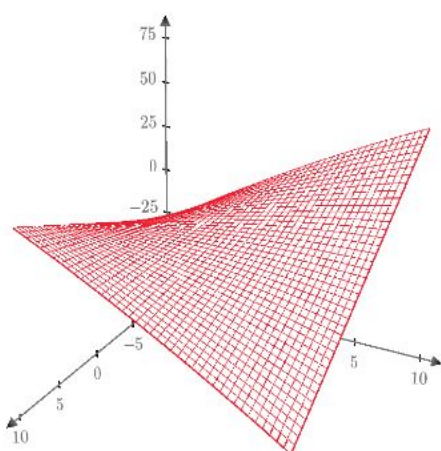
4. Определены представленные графически зависимости, необходимые для расчета дифференцированных прочностных и деформативных показателей центрифугированного и виброцентрифугированного бетонов, которые предоставляют возможность использовать в расчетах конструкций отличающиеся по сечению показатели бетона.



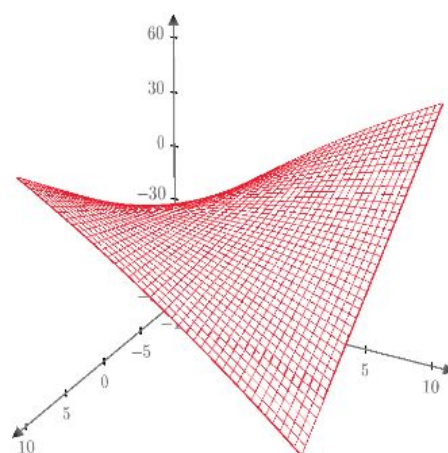
а



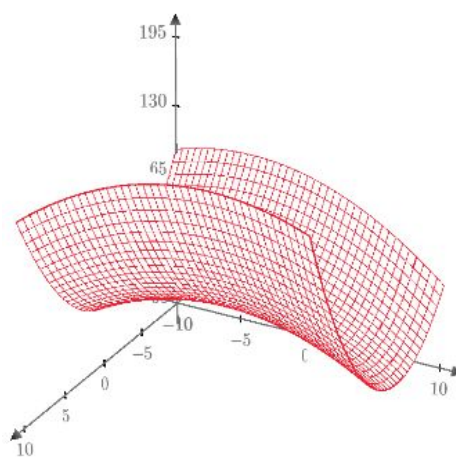
б



в

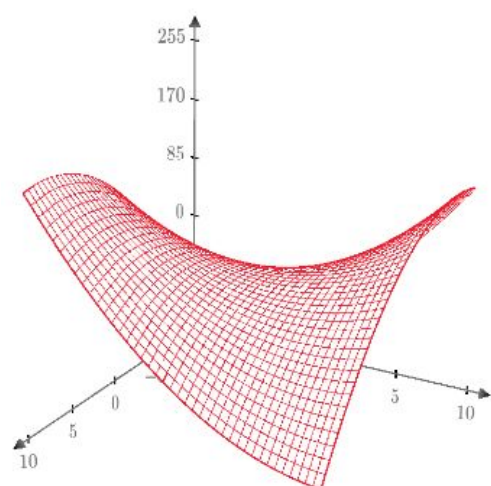


г

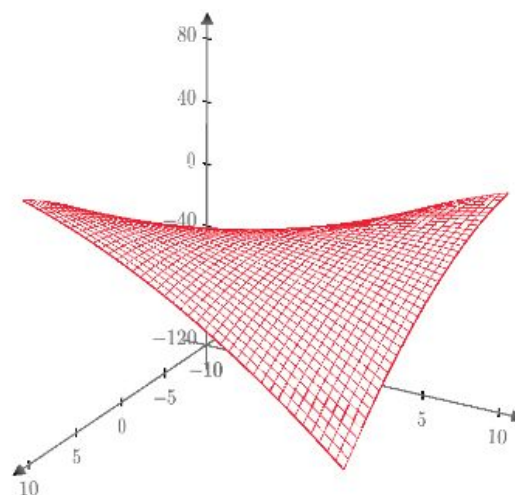


д

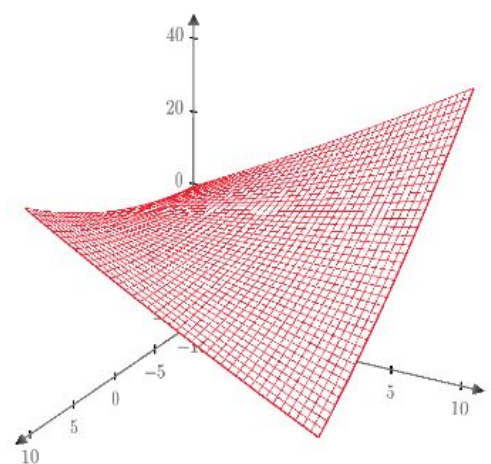
Рис. 2. Наглядное представление зависимости прочности на сжатие а) и растяжение б), предельных деформаций при сжатии в) и растяжении г), модуля упругости (д) внутреннего слоя вариатропного сечения центрифугированного бетона от расстояния от центра вращения до центра частицы и угловой скорости



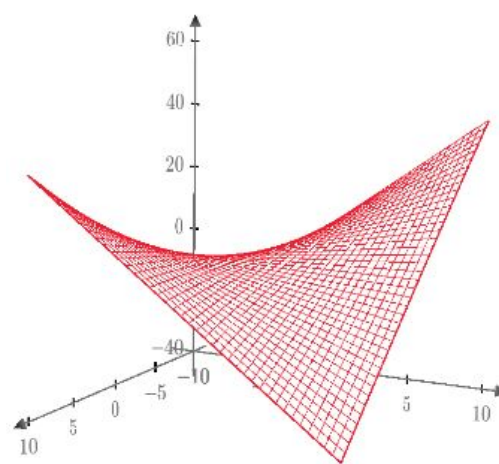
а



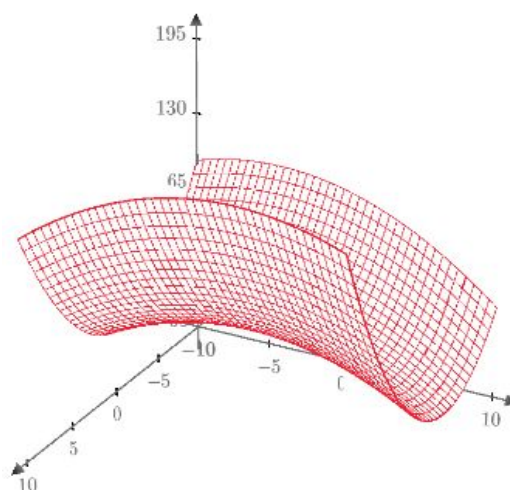
б



в



г



д

Рис. 3. Наглядное представление зависимости прочности на сжатие а) и растяжение б), предельных деформаций при сжатии в) и растяжении г), модуля упругости (д) среднего слоя вариатропного сечения центрифугированного бетона от расстояния от центра вращения до центра частицы и угловой скорости

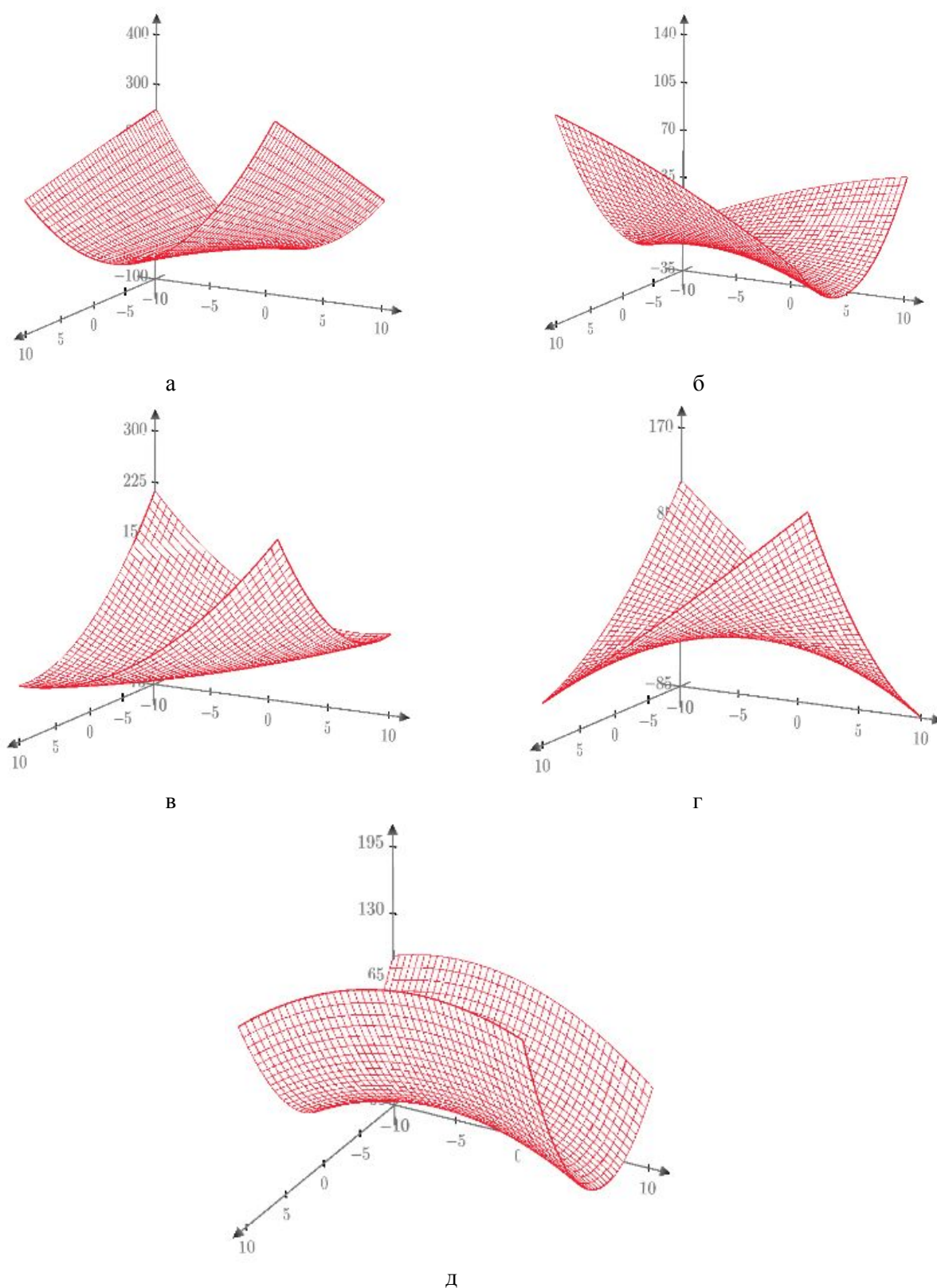


Рис. 4. Наглядное представление зависимости прочности на сжатие а) и растяжение б), предельных деформаций при сжатии а) и растяжении б), модуля упругости (д) внешнего слоя вращающегося сечения центрифугированного бетона от расстояния от центра вращения до центра частицы и угловой скорости

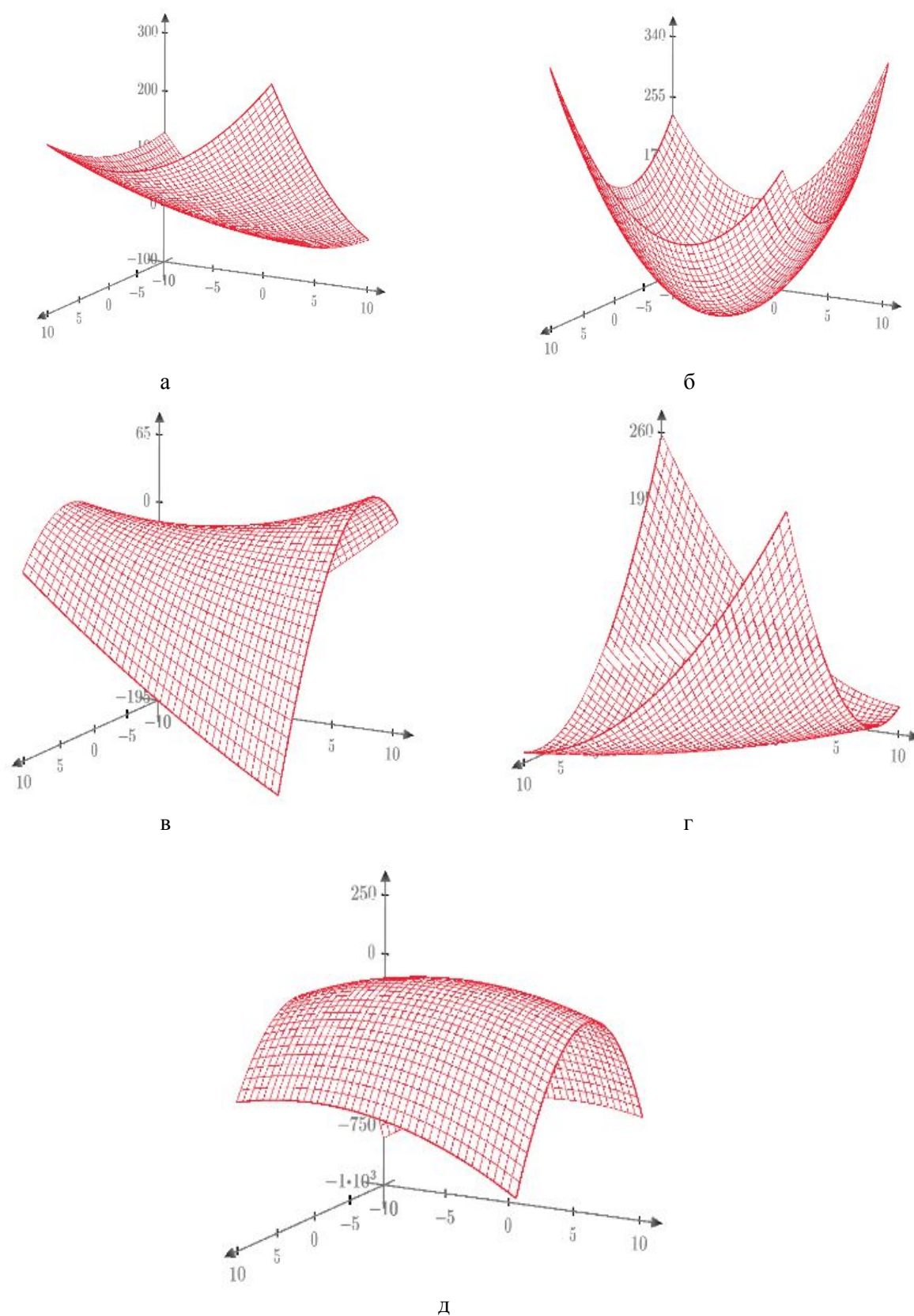
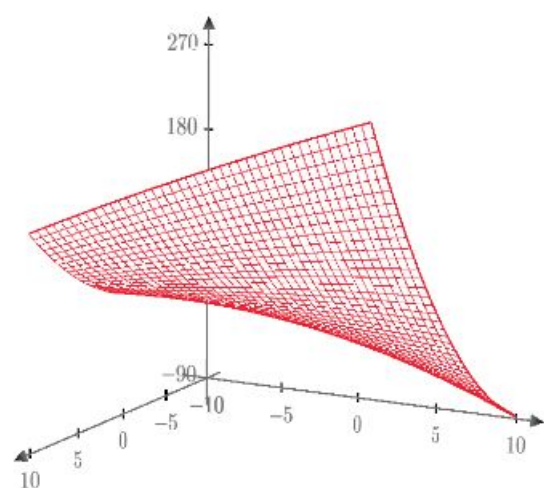
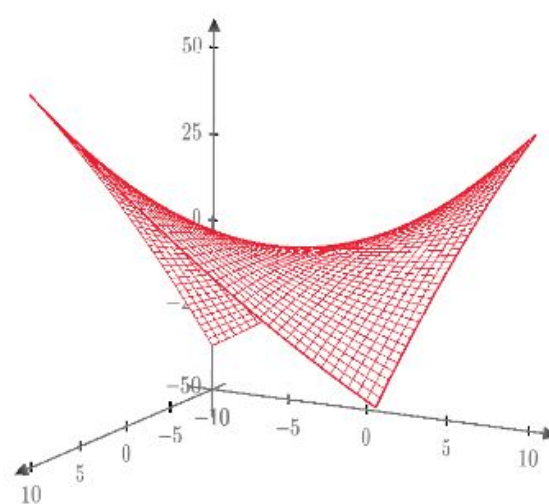


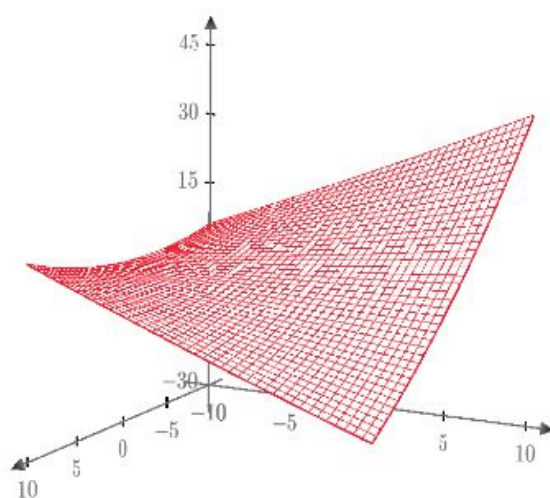
Рис. 5. Наглядное представление зависимости прочности на сжатие а) и растяжение б), предельных деформаций при сжатии а) и растяжении б), модуля упругости (д) внутреннего слоя вращающегося сечения виброцентрифугированного бетона от расстояния от центра вращения до центра частицы и угловой скорости



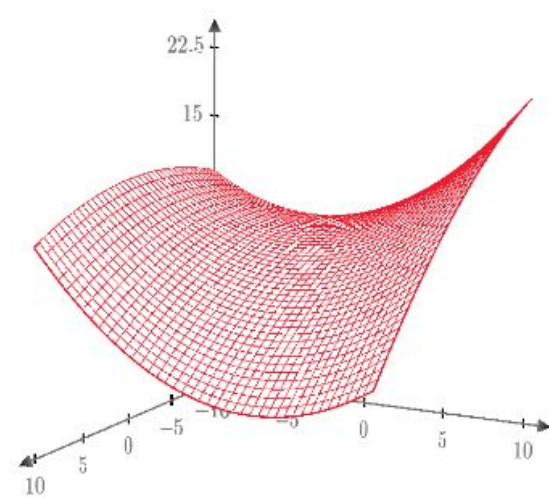
а



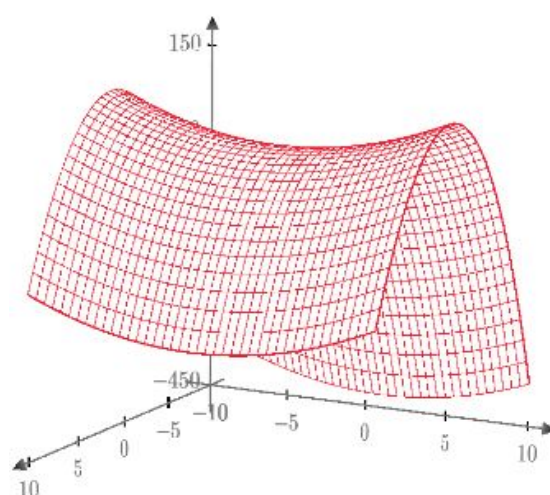
б



в

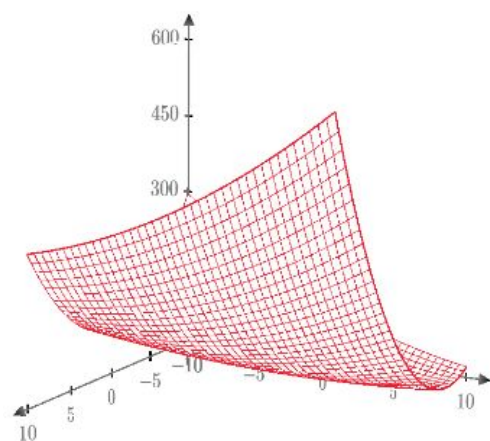


г

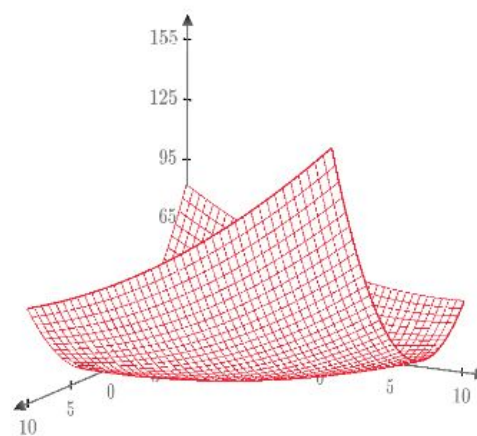


д

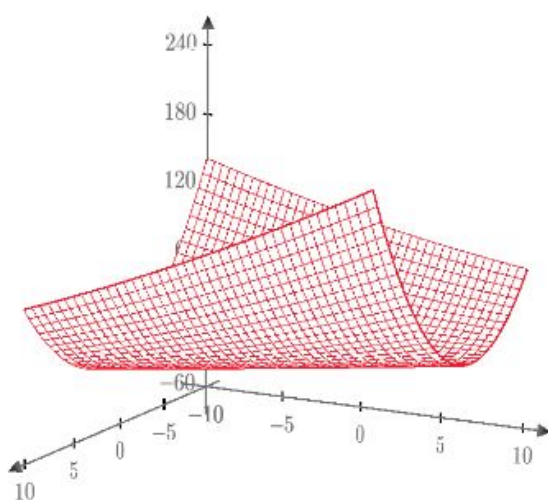
Рис. 6. Наглядное представление зависимости прочности на сжатие а) и растяжение б), предельных деформаций при сжатии а) и растяжении б), модуля упругости (д) среднего слоя вращающегося сечения виброцентрифугированного бетона от расстояния от центра вращения до центра частицы и угловой скорости



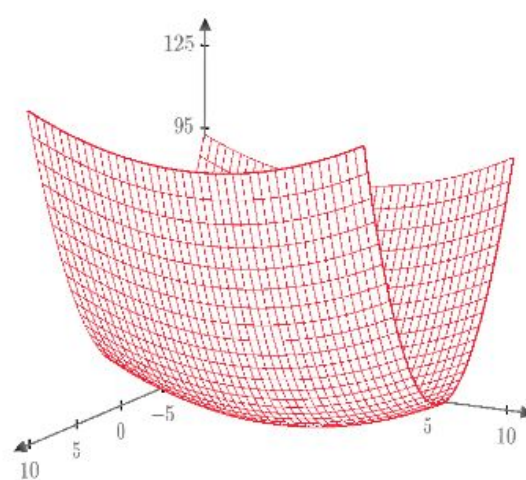
а



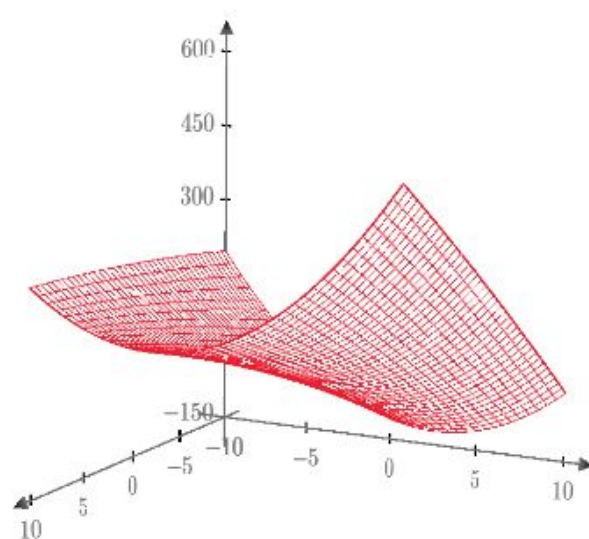
б



в



г



д

Рис. 7. Наглядное представление зависимости прочности на сжатие а) и растяжение б), предельных деформаций при сжатии а) и растяжении б), модуля упругости (д) внешнего слоя вращающегося сечения виброцентрифугированного бетона от расстояния от центра вращения до центра частицы и угловой скорости

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Современная технология бетона // Технологии бетонов. 2005. № 1. С. 6–8.
2. Щуцкий В.Л., Гриценко М.Ю., Дедух Д.А. Исследование физико-механических свойств центрифугированного бетона // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81_Shucki.pdf_4abcf9232c.pdf. (дата обращения: 05.10.2020).
3. Иващенко Е.И. Разработка методов расчета железобетонных элементов на основе действительных диаграмм деформирования материалов с учетом фактического изменения площади их поперечных сечений: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж: Изд-во ГАСУ, 2006. 230 с.
4. Крючков А.А., Жданов А.Е. Подходы к оценке деформативности изгибаемых железобетонных элементов на основе итерационных методов расчета // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. №1. С. 73–76.
5. Маилян Л.Р., Маилян А.Л., Айвазян Э.С. Расчетная оценка прочностных и деформативных характеристик и диаграмм деформирования фибробетонов с агрегированным распределением волокон // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_28_Mailian.pdf_1760.pdf (дата обращения: 07.10.2020).
6. Обернихин Д.В., Никулин А.И. Экспериментальные исследования деформативности изгибаемых железобетонных элементов различных поперечных сечений // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 4. С. 56–59.
7. Польской П.П., Маилян Д.Р., Георгиев С.В. Прочность и деформативность коротких усиленных стоек при малых эксцентриситетах // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_149_Mailian.pdf_18e03c87ba.pdf (дата обращения: 05.10.2020).
8. Радайкин О.В. Сравнительный анализ различных диаграмм деформирования бетона по критерию энергозатрат на деформирование и разрушение // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 29–39.
9. Maruyama I., Lura P. Properties of early-age concrete relevant to cracking in massive concrete // Cement and Concrete Research. 2019. №. 123. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.05.015.
10. Kim J.-J., Yoo D.-Y. Effects of fiber shape and distance on the pullout behavior of steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete // Cement and Concrete Composites. 2019. № 103. Pp. 213–223. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2019.05.006.
11. Li K., Li L. Crack-altered durability properties and performance of structural concretes // Cement and Concrete Research. 2019. № 124. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.105811.
12. Kirthika S.K., Singh S.K. Durability studies on recycled fine aggregate concrete // Construction and Building Materials. 2020. № 250. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118850.
13. Hameed M.A.S., Maula B.H., Bahnam Q.M. An empirical relationship between compressive strength and ultrasonic pulse velocity for concrete // International Review of Civil Engineering. 2019. № 10(6). DOI: 10.15866/irece.v10i6.17061.
14. Alexander M., Beushausen H. Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique // Cement and Concrete Research. 2019. № 122. Pp. 17–29. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.04.018.
15. Geiker M.R., Michel A., Stang H., Lepech M.D. Limit states for sustainable reinforced concrete structures // Cement and Concrete Research. 2019. № 122. Pp. 189–195. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.04.013.
16. Khalaf M.A., Ban C.C., Ramli M. The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review // Construction and Building Materials. 2019. № 215. Pp. 73–89. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.146.
17. Холодняк М.Г., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Третьяков Д.А., Дао В.Н., Заикин В.И. Предложения по расчетному определению прочностных характеристик вибрированных, центрифугированных и виброцентрифугированных бетонов // Вестник Евразийской науки. 2018. № 6. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://esj.today/PDF/66SAVN618.pdf> (дата обращения: 07.10.2020).
18. Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Kholodnyak M.G. Determination and use of hidden strength reserves of centrifuged reinforced constructions by means of calculation and experimental methods // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2020. № 1(45). Pp. 6–14. DOI: 10.25987/VSTU.2020.45.1.001.
19. Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Shuyskiy A.I., Nazhnev M.P. Theoretical and Practical Aspects of the Formation of the Variational Structure of Centrifuged Products from Heavy Concrete // Materials Science Forum. 2018. № 931. Pp. 502–507. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.502.

20. Shuyskiy A.I., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Kholodnyak M.G. Investigation of the influence of the initial composition of heavy concrete designed for the manufacture of ring-section products on its properties // Materials Science Forum. 2018. № 931. Pp. 508–514. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.508.

21. Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Zholobova O.A. Prescription and Technological Aspects of Manufacturing High-Quality Centrifuged Products and Structures from Heavy Concrete // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 463. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.508.

Информация об авторах

Маилян Левон Рафаэлович, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог. E-mail: lrm@aaanet.ru. Донской государственный технический университет. Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Стельмах Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов. E-mail: sergej.stelmax@mail.ru. Донской государственный технический университет. Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Щербань Евгений Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов. E-mail: au-geen@mail.ru. Донской государственный технический университет. Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Доценко Наталья Александровна, магистрант кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в строительной индустрии. E-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru. Донской государственный технический университет. Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Поступила 25.10.2020 г.

© Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Доценко Н.А., 2020

Mailyan L.R., Stel'makh S.A., *Shcherban' E.M., Dotsenko N.A.

Don State Technical University

*E-mail: au-geen@mail.ru

FEATURES OF CALCULATION OF CENTRIFUGED AND VIBRO-CENTRIFUGED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BY DIFFERENTIAL CONSTRUCTION CHARACTERISTICS OF CONCRETE

Abstract. This article raises one of the most popular questions: evaluation of calculations of differential design parameters of centrifuged and vibro-centrifuged concrete. It is established that various layers of concrete of annular cross-section in the process of centrifugation and vibro-centrifugation are influenced by forces that differ from each other in the magnitude of the impact. This leads to completely different indicators of concrete layers in density, strength, deformability and modulus of elasticity. Centrifugal and centripetal forces are the main factors that are worth to pay attention to and to use in the calculated dependencies as arguments. Therefore, in general calculations, which take into account the change in the structural parameters of concrete, it is advisable to use the structural indicators or their increase as functions, and as independent variables – the forces of inertia of rotation, which, in turn, are the dependence of the distance from the center of rotation and the angular velocity of rotation. As a result, the calculated dependencies are derived for the differentiated accounting of changes in all the characteristics of concrete necessary for calculating, which gives grounds to enter into the calculation of structures the strength and deformation indicators of concrete that differ in cross section, and to use the existing reserves of the bearing capacity of elements.

Keywords: centrifuged concrete, vibro-centrifuged concrete, differential design characteristics, distance from the center of rotation; angular velocity of rotation.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. Modern concrete technology. [Sovremennaya tekhnologiya betona]. Concrete technology. 2005. No. 1. Pp. 6–8.
2. Shchutskii V.L., Gritsenko M.Yu., Dedukh D.A. Study of the physico-mechanical properties of

centrifuged concrete [Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv centrifugirovannogo betona]. Engineering journal of Don. 2015. No. 2. AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3000> (date of treatment: 05.10.2020).

3. Ivashchenko E.I. Development of methods for calculating reinforced concrete elements based on actual diagrams of deformation of materials, taking into account the actual change in the area of their cross sections [Razrabotka metodov rascheta zhelezobetonnykh elementov na osnove dejstvitel'nykh diagram deformirovaniya materialov s uchetom fakticheskogo izmeneniya ploshchadi ih poperechnykh sechenij]. Voronezh. State University of Architecture and Civil Engineering, 2006. 230 p. (rus)
4. Kryuchkov A.A., Zhdanov A.E. Approaches to assessing the deformability of flexible concrete elements based on iterative calculation methods [Podhody k ocenke deformativnosti izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov na osnove iteratsionnykh metodov rascheta]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 1. Pp. 73–76. (rus)
5. Mailyan L.R., Mailyan A.L., Aivazyanyan E.S. Estimated Strength and Deformation Characteristics and Fiber Concrete Deformation Diagrams with Aggregated Fiber Distribution [Raschetnaya oценка prochnostnykh i deformativnykh harakteristik i diagram deformirovaniya fibrobetonov s agregirovannym raspredeleniem volokon]. Engineering journal of Don. 2013. No. 3. AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_28_Mailian.pdf_1760.pdf (date of treatment: 07.10.2020).
6. Obernikhin D.V., Nikulin A.I. Experimental studies of the deformability of bendable reinforced concrete elements of various cross sections [Eksperimental'nye issledovaniya deformativnosti izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov razlichnykh poperechnykh sechenij]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 4. Pp. 56–59. (rus)
7. Pol'skoi P.P., Mailyan D.R., Georgiev S.V. Strength and deformability of short reinforced racks with small eccentricities [Prochnost' i deformativnost' korotkiy usilennykh stoek pri malykh ekscentrisitetakh]. Engineering journal of Don. 2014. No. 4. AdobeAcrobatReader. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_149_Mailyan.pdf_18e03c87ba.pdf (date of treatment: 05.10.2020). (rus)
8. Radaikin O.V. Comparative analysis of various diagrams of concrete deformation according to the criterion of energy consumption for deformation and destruction [Sravnitel'nyy analiz razlichnykh diagram deformirovaniya betona po kriteriyu energozatrat na deformirovanie i razrushenie]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. Vol. 4. No. 10. Pp. 29–39. (rus)
9. Maruyama I., Lura P. Properties of early-age concrete relevant to cracking in massive concrete. Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 123. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.05.015.
10. Kim J.-J., Yoo D.-Y. Effects of fiber shape and distance on the pullout behavior of steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete. Cement and Concrete Composites. 2019. Vol. 103. Pp. 213–223. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2019.05.006.
11. Li K., Li L. Crack-altered durability properties and performance of structural concretes. Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 124. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.105811.
12. Kirthika S.K., Singh S.K. Durability studies on recycled fine aggregate concrete. Construction and Building Materials. 2020. Vol. 250. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118850.
13. Hameed M., Maula B., Bahnam Q. An empirical relationship between compressive strength and ultrasonic pulse velocity for concrete. International Review of Civil Engineering. 2019. Vol. 10. No. 6. DOI: 10.15866/irece.v10i6.17061.
14. Alexander M., Beushausen H. Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique. Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 122. Pp. 17–29. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.04.018.
15. Geiker M.R., Michel A., Stang H., Lepech M.D. Limit states for sustainable reinforced concrete structures. Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 122. Pp. 189–195. DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.04.013.
16. Khalaf M.A., Cheah C., Ramli M. The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review. Construction and Building Materials. 2019. Vol. 215. Pp. 73–89. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.146.
17. Kholodnyak M.G., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Tret'yakov D.A., Dao V.N., Zaikin V.I. Proposals for the calculation of the strength characteristics of vibrated, centrifuged and vibrocentrifuged concrete [Predlozheniya po raschetnomu opredeleniyu prochnostnykh harakteristik vibrirovannykh, centrifugirovannykh i vibrocentrifugirovannykh betonov]. The Eurasian Scientific Journal. 2018. No. 6. AdobeAcrobatReader. URL: <https://esj.today/PDF/66SAVN618.pdf> (date of treatment: 07.10.2020). (rus)
18. Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Kholodnyak M.G. Determination and use of hidden strength reserves of centrifuged reinforced constructions by means of calculation and experimental methods. Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2020. No. 1(45). Pp. 6–14. DOI: 10.25987/VSTU.2020.45.1.001.
19. Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Shuyskiy A.I., Nazhnev M.P. Theoretical and Practical Aspects of the Formation of the Variational Structure of Centrifuged Products from Heavy Concrete. Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. Pp. 502–507. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.502.

20. Shuyskiy A.I., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Kholodnyak M.G. Investigation of the influence of the initial composition of heavy concrete designed for the manufacture of ring-section products on its properties. Materials Science Forum. 2018. No. 931. Pp. 508–514. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.508.

21. Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Zholobova O.A. Prescription and Technological Aspects of Manufacturing High-Quality Centrifuged Products and Structures from Heavy Concrete. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 463. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.508.

Information about the authors

Mailyan, Levon R. DSc. Professor. E-mail: lrm@aaanet.ru. Don State Technical University. Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Stel'makh, Sergei A. PhD. E-mail: sergej.stelmax@mail.ru. Don State Technical University. Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Shcherban', Evgenii M. PhD. E-mail: au-geen@mail.ru. Don State Technical University. Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Dotsenko, Natal'ya A. Student. E-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru. Don State Technical University Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Received 25.10.2020

Для цитирования:

Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Доценко Н.А. Особенности расчета центрифугированных и виброцентрифугированных железобетонных конструкций по дифференциальным конструктивным характеристикам бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 32–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-32-46

For citation:

Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Dotsenko N.A. Features of calculation of centrifuged and vibro-centrifuged reinforced concrete structures by differential construction characteristics of concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 32–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-32-46

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-47-55

***Елистратова Ю.В., Семиненко А.С., Минко В.А., Рамазанов Р.С.:**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: yulis3790@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ В ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ

Аннотация. Рассмотрена актуальность работы информационно-диагностических систем в сфере мониторинга теплообменного оборудования пластинчатого типа. Надежность контролируемых устройств, требует точного математического описания теплогидродинамических процессов в каналах теплообмена. Классическое описание данных процессов, подразумевает равномерное распределение расходов рабочей среды по длине пакета пластин, что в свою очередь предполагает равные условия формирования продуктов солеотложения на поверхностях нагрева пластинчатого теплообменника. Применение зависимостей, учитывающих равенство расходов по пакету пластин, снижает достоверность диагностики эффективности работы водогрейных аппаратов пластинчатого типа. Так как геометрическое пространство, образованное пластинами представляет собой параллельные каналы, соединенные участками транзитных коллекторов, то в качестве метода гидравлического расчета особенностей распределения потоков жидкости по каналам теплообмена предложен метод характеристик сопротивления. Выявлена зависимость конструктивных особенностей расположения межпластинных каналов относительно входа теплоносителя в распределительный коллектор. Установлено, что в каналах, наиболее удаленных от входного патрубка, расход циркулирующего теплоносителя меньше по сравнению с ближайшими каналами. Гипотеза о влиянии взаимного расположения каналов по отношению к входному патрубку подтверждается численными исследованиями гидродинамического режима пластинчатого теплообменного аппарата.

Ключевые слова: энергоемкость, энергоэффективность, пластинчатые теплообменные аппараты, тепловой режим, гидравлические условия, поверхность нагрева, накипеобразование, каналы теплообмена, потокораспределение, диагностика работы оборудования, сопротивление каналов, характеристика сопротивления.

Введение. В Российской Федерации на долю теплоты приходится около 70 % от всей генерируемой энергии. Высокая энергоемкость систем потребления тепла определяется не только масштабами страны, но и показателями неэффективности конкретной области теплоснабжения [1,2]. Сфера теплоснабжения является самым крупным сегментом, на который расходуются первичные топливно-энергетические ресурсы [2].

Тепловые потери при транспортировке теплоносителя, отсутствие автоматизированного отпуска тепла в тепловых пунктах с учетом погодных условий, эксплуатация устаревшего оборудования, разбалансировка систем отопления и др. требуют дополнительного перерасхода энергии, что повышает показатель энергоемкости систем теплоснабжения в целом [4].

Введение закона о переходе на закрытые системы горячего водоснабжения [5], является одной из мер по снижению расходов на топливных ресурсов и повышению качества теплоснабжения. Данное решение в области модернизации коммунальной энергетики, характеризуется оснащением тепловых пунктов современными высокоэффективными теплообменными аппаратами [6, 7]. Кроме того, наблюдается активная замена, уже эксплуатирующихся кожухотрубных

теплообменников, на более компактные пластинчатые теплообменные устройства [6].

Повсеместно низкое качество водопроводной воды в городах России [8, 9] и относительно малые проходные сечения каналов теплообмена, формируют благоприятные условия для накопления различного рода загрязнений на поверхности нагрева [9, 10]. При этом формирование толщины накипи в пределах 0,3 мм снижает коэффициент теплопередачи примерно в 2,5 раза, в зависимости от конструктивных особенностей аппарата [11]. В результате чего, эффективность работы теплообменного оборудования снижается, а поддержание заданных режимных параметров требует дополнительного перерасхода энергии [9, 11].

Диагностика работы теплообменного оборудования является эффективным инструментом в комплексе мер [2, 12–14] по обеспечению бесперебойной работы аппаратов. Так как своевременное устранение продуктов накипи с поверхностей нагрева не только снижает дополнительные расходы на топливо, но и предупреждает полный выход из строя (прогорание пластин) водогрейного оборудования.

Для проведения конструкторских и поверочных расчетов существуют несколько методик [15–17], в основе которых заложены допущения:

стационарность процесса теплообмена, пренебрежение потерями в окружающую среду; физические свойства жидкости считаются постоянными; распределение расходов теплоносителя по отдельным каналам принимается равномерным; гидравлические условия в пределах отдельных групп каналов одинаковы. Введение подобных упрощений объясняется сложностью геометрической конструкции пластинчатого теплообменного оборудования, которая усложняет принцип описания тепло- гидравлического режима аппарата.

Интеллектуальная составляющая систем информационного контроля работы теплообменных агрегатов базируется на решении математических моделей, описывающих течение конкретного процесса, а определение стабильности работы устройства на сопоставлении текущих рабочих параметров с номинальными значениями в условиях заданного режима [12]. В таком случае теоретическое описание теплогидродинамических процессов в каналах теплообмена должно обладать высокой точностью, учитывать влияние загрязняющих слоев на характер теплообмена, а также иметь минимальные и незначительные погрешности расчета.

В классическом подходе описания теплового режима пластинчатых водонагревателей [15] заложено важное допущение – равенство расходов по всем каналам и равномерный нагрев теплоносителя по длине пакета пластин. При этом через определенное время работы теплообменника следует ожидать формирования одинаковой толщины слоя накипи в каждом канале. Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям [10, 18–20] характер распределения слоев накипи является неравномерным как по поверхности пластины, так и по длине пакета пластин. Поэтому, математическое описание процессов нагрева жидкости в пластинчатых теплообменниках, основанное на равномерном распределении расходов между каналами ведет к снижению точности диагностической системы.

Таким образом, приравнивание гидравлических условий между каналами теплообмена в описании теплогидродинамических процессов теплообменных аппаратов пластинчатого типа, является существенным недостатком.

Цель работы: определить зависимость распределения расходов по каналам теплообмена, учитывая их расположение относительно входа теплоносителя в распределительный коллектор с учетом фактора загрязнения.

Гипотеза. Неравномерность потокораспределения возможно определить методом характеристик сопротивления.

Задачи:

- произвести аналитический расчет потоко-распределения пластинчатого теплообменного аппарата методом характеристик сопротивления;
- проверить справедливость предлагаемой методики расчета, с помощью численного исследования;

- исследовать влияние толщины накипи в каналах теплообмена на распределение объемов жидкости по длине пакета пластин;

Методы исследования. Так как, геометрическое пространство пластинчатого теплообменного аппарата (рис. 1), образованное пластинами представляет собой параллельные каналы теплообмена, соединенные участками транзитных коллекторов, то для описания теплогидродинамических процессов в каналах теплообмена воспользуемся методикой гидравлического расчета с учетом характеристик сопротивления отдельных участков движения рабочих сред [21, 22].

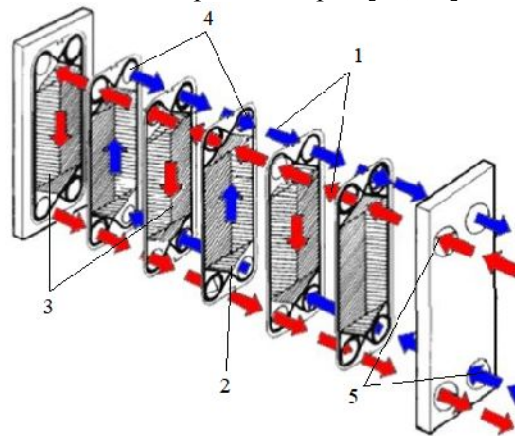


Рис. 1 Принципиальная схема движения рабочих сред в пластинчатом теплообменном аппарате.

- 1 – участки транзитных коллекторов;
2 – рабочий канал, нагреваемой жидкости; 3 – рабочий канал, греющей жидкости; 4 – угловые отверстия в пластинах;
5 – входные патрубки

Принцип действия пластинчатого теплообменника заключается в том, что жидкость поступает по распределительному коллектору в теплообменные каналы, образованные пластинами. При этом длина коллектора зависит от числа каналов и пластин. Определяя гидравлическое распределение потоков в пластинчатом аппарате, принимаем расчетную схему, представленную на рисунке 2.

Рассмотрим, разборный пластинчатый теплообменник фирмы «Ридан» типа НН-14 TL, с общим количеством пластин 50 штук, при этом сформировано 25 греющих и 23 нагреваемых канала и 2 крайних пластины. Каналы, по которым теплоноситель движется в одном направлении, являются параллельными и заполняются жидко-

стью через продольные коллекторы, образованные чередующимися угловыми отверстиями в пластинах. Нагреваемая и греющая жидкости всегда отделены друг от друга. Общий расход «горячего» теплоносителя на входе в аппарат равен $G_2 = 5,1$ кг/с, а «холодного» $G_x = 1,45$ кг/с.

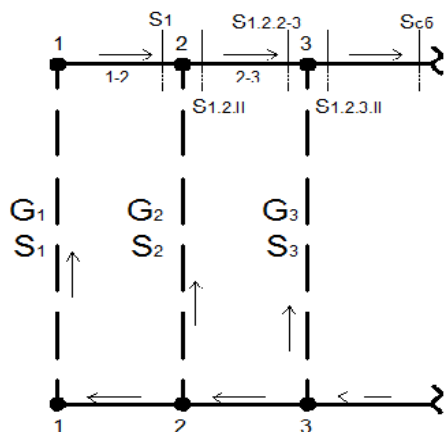


Рис. 2 Расчетная схема гидравлического режима пластинчатого теплообменника

Принимаем к расчету наиболее популярное одностороннее подключение, при котором четыре патрубка подключены к одной пластине. Коэффициенты местных сопротивлений (к.м.с.) учитываем на тройники при растекании потоков по каналам и на тройники при слиянии потоков, в момент выхода жидкости из межпластинного пространства в сборный коллектор. Для самого удаленного канала, относительно входа теплоносителя в аппарат, применяем коэффициент местного сопротивления как для поворотного участка под углом 90° .

Определение коэффициентов на преодоление местных сопротивлений в виде гофр на поверхности теплообмена является труднорешимой задачей, так как расчет современных теплообменников производится за счет вычислительных программ фирм-разработчиков. При этом некоторые характеристики заложены в неявной форме, в том числе и к.м.с. для конкретной геометрической конфигурации пластин. Поэтому, в качестве допущения и с целью подтверждения гипотезы о неравномерном распределении потоков жидкости по каналам теплообмена в зависимости от их расположения относительно входных патрубков, проведем гидравлический расчет теплообменника, считая, что пластины плоские.

Основная часть. Характеристика сопротивления, рассматриваемого участка, определяется

по соотношению:

$$S_k = \zeta_k \cdot \left(\frac{\rho \cdot w_k^2}{2 \cdot (\rho \cdot w_k \cdot f_k)^2} \right), \quad (1)$$

где нижний индекс « k » – характеризует параметр, на рассматриваемом участке движения теплоносителя; ζ_k – коэффициент на местные сопротивления; ρ – плотность теплоносителя, кг/м³; w_k – скорость жидкости на участке, м/с; f_k – площадь поперечного сечения канала, м².

Общая характеристика сопротивления параллельных участков $S_{1.2. II}$ вычисляется по формуле:

$$S_{1.2. II} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} \right)^2}. \quad (2)$$

Участок коллектора 2–3 расположен последовательно по отношению к каналам 1 и 2, поэтому общая характеристика сопротивлений части аппарата, включающей каналы 1 и 2, и участок коллектора 2–3 вычисляется как сумма характеристик сопротивления по формуле:

$$S_{1.2.2-3} = S_{1.2. II} + S_{2-3}. \quad (3)$$

Для определения расходов воды по каналам и участкам используются уже известные из предыдущего расчета величины характеристик сопротивления и следующие зависимости:

$$G_3 = G \sqrt{\frac{S_{1.2.3. II}}{S_3}}, \quad (4)$$

$$G_{2-3} = G - G_3, \quad (5)$$

$$G_2 = G_{2-3} \sqrt{\frac{S_{1.2. II}}{S_2}}, \quad (6)$$

$$G_1 = G_{2-3} - G_2. \quad (7)$$

Для наглядности получаемых результатов, используем значения расходов в каналах по отношению к расходу в условиях равномерного распределения потоков, получая удельную величину. Таким образом, на рисунке 3 представлены значения удельных расходов по всем каналам в случае равного распределения объемов теплоносителя между каналами G_n и удельные значения расходов жидкости, учитывая гидравлические сопротивления при движении рабочей среды от входного патрубка до замыкающего канала G_j . При этом канал №1 принят первым по отношению входа теплоносителя в транзитный коллектор, а №23 – самый удаленный.

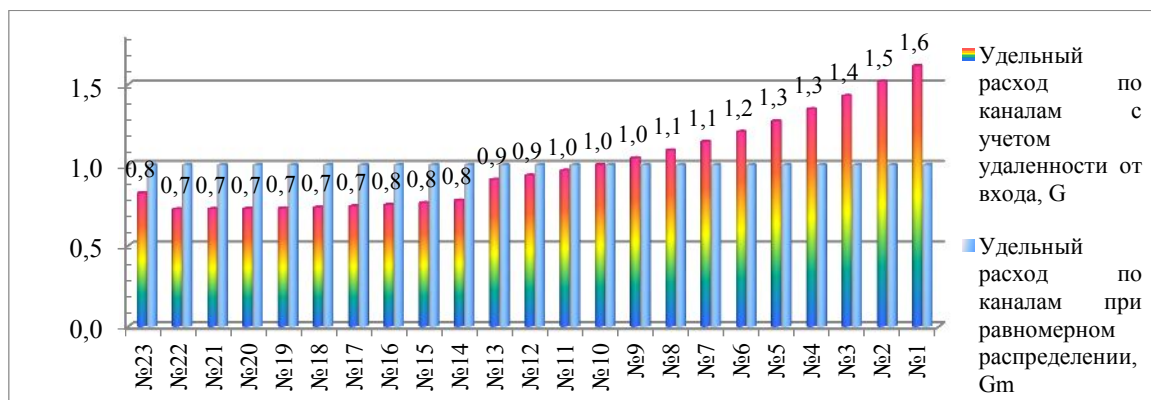


Рис. 3 Диаграмма распределения теплоносителя по каналам теплообмена пластинчатого водонагревателя с учетом взаимного расположения относительно входа теплоносителя в транзитный коллектор

Согласно полученным результатам (рис. 3), наблюдается расхождение в объемах циркулируемой жидкости, между первым и последним каналами, примерно в 2 раза. Такой результат объясняется влиянием дополнительных гидравлических сопротивлений, преодолеваемых теплоносителем при перемещении жидкости от входного патрубка к рассматриваемому каналу.

С целью подтверждения справедливости применения предложенной методики гидравлического расчета, проведем численное исследование рассматриваемого теплообменного аппарата с помощью программного комплекса SolidWorks. В качестве модели для описания турбулентного течения в каналах теплообмена пластинчатого водонагревателя была принята стандартная математическая k-ε модель.

Согласно численному расчету (рис. 4), максимальная скорость наблюдается в канале наиболее близко расположенному к выходному патрубку нагреваемого теплоносителя. В то же время отмечается повышение средней скорости течения жидкости в последнем канале – №23 относительно предпоследнего - №22, что объясняется меньшим коэффициентом местного сопротивления коллекторного участка, принятого в качестве отвода с к.м.с. $\xi=0,3$. Для коллекторных участков от первого до предпоследнего канала принимается к.м.с как для тройников на разделение $\xi=0,7$ и слияние потоков $\xi=0,5$ при выходе из рассматриваемого канала. В целом просматривается снижение средней скорости теплоносителя по длине пакета пластин от первого до последнего канала.

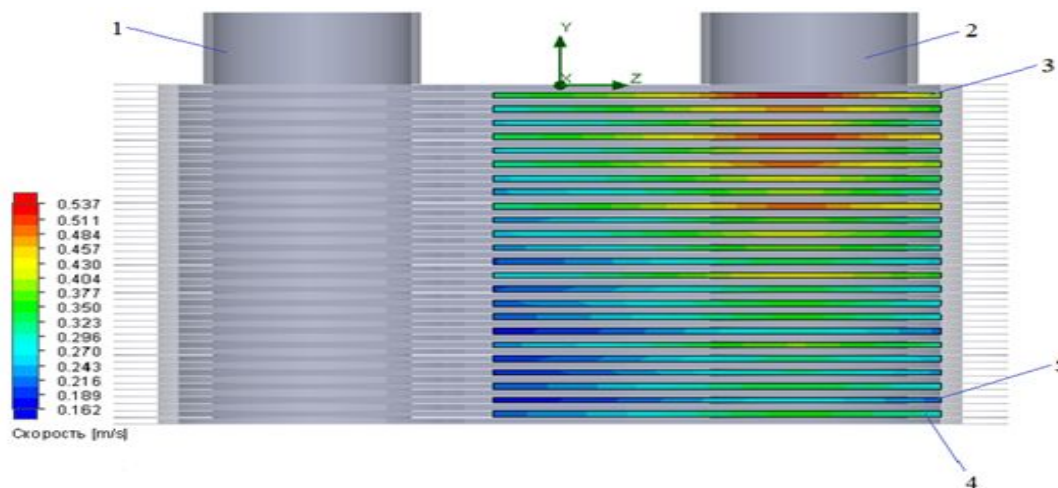


Рис. 4 Визуализация полей скорости течения жидкости в каналах рассматриваемой плоскости.

1 – входной патрубок греющего теплоносителя; 2 – выходной патрубок нагреваемого теплоносителя; 3 - первый канал теплообмена по нагреваемой стороне; 4 – двадцать третий канал теплообмена по нагреваемой стороне; 5 – двадцать второй канал по нагреваемой стороне

Так как характеристика сопротивления участка зависит от его площади поперечного сечения, формула (1), то сужение проточной части теплообменного канала, в результате образования слоя накипи, предполагает изменение харак-

теристики сопротивления канала, в котором образовалась накипь.

На рисунке 5 представлена динамика изменения соотношения расходов между крайними каналами, в зависимости от предполагаемой тол-

щины накипи на поверхностях нагрева. Рассмотрим четыре варианта, когда толщина слоя продуктов солеотложения достигает $\delta_n = 0,15$ мм,

0,31 мм, 0,53 мм, 0,9 мм.

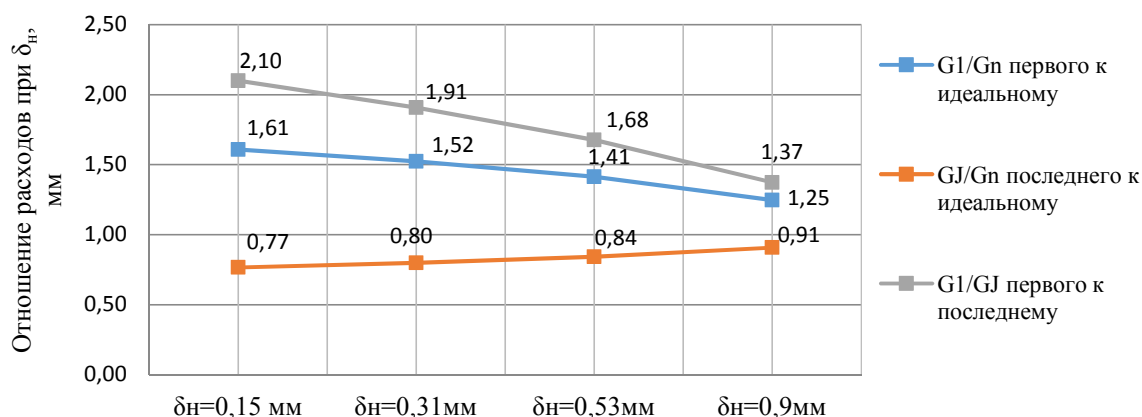


Рис. 5 Расчетные данные соотношения удельных расходов. G_1/G_n – отношение удельного расхода в первом канале к удельному расходу в условиях равномерного потокораспределения; G_J/G_n – отношение удельного расхода в последнем канале к удельному расходу в условиях равномерного потокораспределения; G_1/G_J – отношение удельных расходов между первым каналом к последним каналом

Полученные расчетные соотношения удельных расходов между первым и последним каналами, приближают значения эти параметры к 1 при максимальном зарастании, когда толщина накипи достигла значения 0,9 мм. Данные результаты свидетельствуют о том, что геометрическое расстояние между пластинами оказывает влияние на равномерность распределения расходов жидкости по длине пакета пластин. Кроме того, применение метода характеристик сопротивления в качестве методики гидравлического расчета пластинчатого теплообменного аппарата позволяет определить рациональные конструктивные соотношения ширины рабочих каналов.

Т.е. получить такие расстояния между пластинами, при которых гидравлическое распределение потоков будет уравниваться.

Результаты численного расчета гидравлического режима пластинчатого теплообменника, в условиях моделирования условий зарастания каналов на 0,15 мм, 0,31 мм, 0,53 мм и в условиях абсолютно чистой поверхности, представлены на рисунке 6. Полученные значения подтверждают справедливость, применения прямого метода характеристик сопротивления для проведения гидравлического расчета пластинчатого теплообменного аппарата.

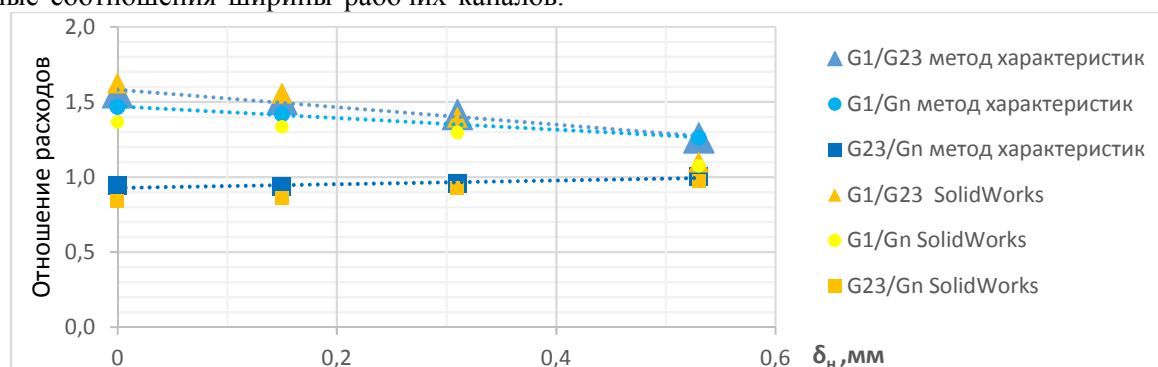


Рис. 6 Сравнение полученных результатов зависимости отношения расходов в каналах теплообмена от толщины накипи, аналитическим и численным методом расчета. G_1/G_{23} – отношение расхода жидкости в 1 канале к последнему; G_1/G_n – отношение расхода жидкости в 1 канале к идеальному; G_{23}/G_n – отношение расхода жидкости в последнем канале к идеальному

Выводы: Проведенные исследования подтверждают поставленную гипотезу: использование теории гидравлического расчета по характеристикам сопротивления позволяет определить неравномерность потокораспределения теплоносителей по каналам теплообменных аппаратов

пластинчатого типа. Результаты аналитического расчета и моделирования в среде SolidWorks распределения количества жидкости по длине пакета пластин (в том числе с учетом фактора загрязнения на поверхности нагрева) свидетель-

ствуют о превышении расходов через первые каналы над расходами через последние. Следовательно, исключение допущения о равномерности потокораспределения позволит повысить точность диагностики работы теплообменного аппарата, например, возможно определение степени загрязнения теплообменной поверхности по режимным характеристикам (температуре и расходам теплоносителей) аппаратов.

Источник финансирования. ГРАНТ ПСР по программе развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова до 2021 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башмаков И.А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения России // Новости Теплоснабжения. 2008. №3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.nts.ru. (дата обращения 08.09.2020)
2. Елистратова Ю.В., Глазков Р.А., Семенов А.С. Роль системы контроля эффективности пластинчатых теплообменников в области теплотехники // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2020. № 10. С. 33–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-10-33-40
3. Некрасов А.С., Синяк Ю.В., Воронина С.А., Семикашев В.В. Современное состояние теплоснабжения России // Проблемы прогнозирования. 2011. №1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-teplosnabzheniya-rossii> (дата обращения: 06.10.2020).
4. Зысин Л.В., Калютин А.А. Теплообменное оборудование. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 230 с.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 7 декабря 2011 г. № 417-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О водоснабжении и водоотведении». Режим доступа: <https://base.garant.ru/70103068/>. (дата обращения 15.10.2020)
6. Ефимов А.Л., Шварев Л.В., Юркина М.Ю. Проблемы и особенности расчета теплообменников водяных систем теплоснабжения // РосТепло. Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2359. (дата обращения 08.09.2020)
7. Калабин С.Е. Экономический эффект от внедрения энергосберегающего оборудования: пластинчатых теплообменников, блочных индивидуальных тепловых пунктов // С.О.К. 2005. №8. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/articles/ekonomicheskij-effekt-ot-vnedreniya-energoberegayuschego-oborudovaniya-plastinchatyh-teploobmennikov-blochnyh-individualnyh-teplovyyh-punktov> (дата обращения 03.09.2020)
8. Галковский В.А., Чупова М.В. Анализ снижения коэффициента теплопередачи теплообменных аппаратов вследствие загрязнения поверхности // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Том 9, №2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN217.pdf>
9. Жданов О.В. Накипь и проблемы теплоэнергетики // Интернет-журнал «Новости теплоснабжения». 2006. №4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.nts.ru (дата обращения 04.09.2020)
10. Зеттлер Х.У. Влияние свойств поверхности и распределения потока на загрязнение поверхностей теплообмена. СПб.: Страта, 2014. 452 с.
11. Жданов О.В. Пластинчатые теплообменники - дело тонкое // Интернет-журнал «Новости теплоснабжения», 2015. №4, [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9670 (дата обращения 04.09.2020)
12. Трухний А.Д., Зройчиков Н.А., Ломакин Б.В., Седов И.В. Информационно-диагностическая система контроля подогревателей сетевой воды турбоустановки Т-250/300-240 // Теплотехника. 1998. №1. С. 30–34.
13. Минко В.А., Феоктистов А.Ю., Гулько И.В., Елистратова Ю.В., Тарасенко Н.В., Ткач Л.В. Методы проведения и эффективность мероприятий по борьбе с накипеобразованием в системах теплоснабжения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 16–19.
14. Дорошенко И.В. Исследование теплообмена и разработка технологии комплексной защиты поверхностей нагрева котельных установок // 05.14.04 - Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Череповец. 2005 г.
15. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М.: «Машиностроение». 1973. 288 с.
16. СП 41-101-95 // Проектирование тепловых пунктов.: Своды правил по проектированию и строительству.
17. Справочник по теплообменникам: Пер. с англ. / Под ред. О.Г. Мартыненко. Т.2. М.6. Энергоатомиздат, 1987. 352с.
18. Kananeh A.B. Fouling in Plate Heat

Exchangers: Some Practical Experience. Heat Exchangers - Basics Design Applications. 2012. Pp. 533-550.

19. Kho T. Effect of flow distribution on scale formation in plate and frame heat exchangers // Chem Eng Res Des. 1997. Pp. 635-640.

20. Чернышев Д.В., Купленов Н.И. Особенности распределения накипи по поверхности пластинчатого водонагревателя // Энергосбере-

жение. 2000 Международная научно-техническая конференция. ТулГУ. 2000. 127 с.

21. Белинский Е.А. Рациональные системы водяного отопления. Л.: Госстройиздат. 1963. 208 с.

22. Minko V.A., Seminenko A.S., Alifanova A.I., Elistratova Yu.V., Tkach L.V. Assumptions and premises of heating systems hydraulic calculation methods. Eco. Env.& Cons. 21(2): Pp. 55-60.

Информация об авторах

Елистратова Юлия Васильевна, ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: yulis3790@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Семенов 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.

Минко Всеволод Афанасьевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: va.minko@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

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.

Поступила 15.10.2020 г.

© Елистратова Ю.В., Семенов А.С., Минко В.А., Рамазанов Р.С., 2020

**Elistratova J V., Seminenko S. A., Minko V.A.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: yulis3790@mail.ru

FEATURES OF LIQUID FLOW DISTRIBUTION IN PLATE HEAT EXCHANGERS REFERENCES

Abstract. The relevance of the work of information and diagnostic systems in the field of monitoring of plate heat exchange equipment is considered. The reliability of the monitoring devices requires an accurate mathematical description of the thermo hydrodynamic processes in the heat exchange channels. The classical description of these processes implies a uniform distribution of the flow rate of the working medium along the length of the plate package, which in turn implies equal conditions for the formation of salt deposition products on the heating surfaces of the plate heat exchanger. The use of dependencies that take into account the equality of costs for a package of plates reduces the reliability of diagnostics of the efficiency of hot water devices of the plate type. Since the geometric space formed by the plates is represented by parallel channels connected by sections of transit collectors, the method of resistance characteristics is proposed as a method of hydraulic calculation of the distribution features of liquid flows through heat exchange channels. The dependence of the design features of the location of the interplate channels relative to the input of the coolant into the distribution manifold is revealed. It is found that, the flow rate of the circulating coolant is less in the channels most remote from the inlet pipe than in the nearest channels. The hypothesis of the influence of the relative position of the channels in relation to the inlet pipe is confirmed by numerical studies of the hydrodynamic regime of the plate heat exchanger.

Keywords: energy intensity, energy efficiency, plate heat exchangers, thermal regime, hydraulic conditions, heating surface, scale formation, heat exchange channels, flow distribution, equipment operation diagnostics, channel resistance, resistance characteristic.

REFERENCES

1. Bashmakov I.A. Analysis of the main trends in the development of heat supply systems in Russia

[Analiz osnovny'kh tendencij razvitiya sistem teplosnabzheniya Rossii]. Journal «Heat Supply news». Two thousand eight. No. 3 URL: www.nts.ru (date of treatment: 04.09.2020). (rus)

2. Elistratova Yu.V., Glazkov R.A., Semnenko A.S. the Role of the system for monitoring the efficiency of plate heat exchangers in the field of heat power engineering [Rol' sistemy kontrolya effektivnosti plastinchatyh teploobmennikov v oblasti teploenergetiki]. In the collection: International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V.G. Shukhov Belgorod state technological University named after V.G. Shukhov. 2020. No. 10. Pp. 33–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-10-33-40 (rus)
3. Nekrasov A.S., Sinyak Y.V., Voronina S.A., Semikashev V.V. Current state of heat supply in Russia [Sovremennoe sostoyanie teplosnabzheniya Rossii]. Problems of forecasting. 2011. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-teplosnabzheniya-rossii> (date of treatment: 06.10.2020) (rus)
4. Zysin L.V., Kalyutik A.A. Heat Exchange equipment. [Teploobmennoe oborudovanie]. SPb.: Publishing house of Polytechnical Institute, 2010. 230 p. (rus)
5. Federal law of the Russian Federation No. 417-FZ of December 7, 2011 "on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation in connection with the adoption of the Federal law "On water Supply and sanitation" [Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 7 dekabrya 2011 g. № 417-FZ «O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii v svyazi s prinyatiem Federal'nogo zakona «O vodosnabzhenii i vodootvedenii»]. URL: <https://base.garant.ru/70103068/> (date of treatment: 15.10.2020) (rus)
6. Efimov A. L., Shvarev L. V. and Yurkina M. Yu. Problems and features of calculation of heat exchangers of water heat supply systems [Problemy i osobennosti rascheta teploobmennikov vodyanyh sistem teplosnabzheniya]. Rosteplo. URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablон.php?id=2359](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablون.php?id=2359) (date of treatment: 04.09.2020) (rus)
7. Kalabin S. E. Economic effect from the introduction of energy-saving equipment: plate heat exchangers, block individual heat points. [Ekonomicheskij effekt ot vnedryaemogo energosberegayushchego oborudovaniya: plastinchatyh teploobmennikov, blochnyh individual'nyh teplovyh punktov]. Journal "S. O. K." 2005. No.8. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/ekonomicheskij-effekt-ot-vnedreniya-energoberegayushchego-oborudovaniya-plastinchatyh-teploobmennikov-blochnyh-individual'nyh-teplovyh-punktov> (date of treatment: 04.09.2020) (rus)
8. Galkovsky V.A., Chupova M.V. Analysis of reduction of heat transfer coefficient of heat exchangers due to surface contamination [Analiz snizheniya koefficienta teploperedachi teploobmen-nyh apparatov vsledstvie zagryazneniya poverhnosti]. Internet-journal "science of Science". 2017. Vol. 9, No. 2. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN217.pdf> (date of treatment: 04.09.2020) (rus)
9. Zhdanov O.V. Scum and problems of heat power Engineering [Nakip' i problemy teploenergetiki]. Online magazine "heat supply news", 2006, No. 4. URL: www.nts.ru (date of treatment: 04.09.2020) (rus)
10. Zettler H.U. Influence of surface properties and flow distribution on contamination of heat exchange surfaces [Vliyanie svojstv poverhnosti i raspredeleniya potoka na zagryaznenie poverhnostej teploobmena]. St. Petersburg: Strata, 2014. 452 p. (rus)
11. Zhdanov O. V. Plate heat exchangers-a delicate matter [Plastinchatye teploobmenniki-delo tonkoe]. Heat supply news. 2005. No.3. URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9670 (date of treatment: 04.09.2020) (rus)
12. Trukhny A.D., Zroychikov N.A., Lomakin B.V., Sedov I.V. Information and diagnostic system for monitoring network water heaters of the turbine unit-250/300-240 [Informacionno-dagnosticheskaya sistema kontrolya podogrevatelej setевой vody turboustanovki T-250/300-240]. Teploenergetika. 1998. No. 1. Pp. 30–34. (rus)
13. Minko V.A., Feoktistov A.Yu., Gunko I.V., Elistratova Yu.V., Tarasenko N.V., Tkach L.V. Methods of conducting and effectiveness of measures to combat scale formation in heat consumption Systems [Metody provedeniya i effektivnost' meropriyatij po bor'be s nakipeobrazovaniem v sistemah teplopotrebleniya]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2015. No. 2. Pp. 16–19. (rus)
14. Doroshenko I.V. Research of heat exchange and development of technology for complex protection of heating surfaces of boiler installations [Issledovanie teploobmena i razrabotka tekhnologii kompleksnoj zashchity poverhnostej nagreva kotel'nyh ustanovok] 05.14.04. Dissertation for the degree of candidate of technical Sciences. Cherepovets. 2005. (rus)
15. Baranovsky N.V., Kovalenko L.M., Yastrebenetsky A. R. Plate and spiral heat exchangers [Plastinchatye i spiral'nye teploobmenniki]. M.: "Mechanical engineering". 1973. 288 p. (rus)
16. SP 41-101-95. The design of the heat stations [Proektirovanie teplovyh punktov]. Codes of rules for design and construction (rus)
17. Handbook of heat exchangers [Spravochnik po teploobmennikam]. TRANS. from English / Ed. by O. G. Martynenko. Vol. 2. M. 6 Energoatomizdat, 1987. 352 p. (rus)

18.Kananeh A.B. Fouling in Plate Heat Exchangers: Some Practical Experience. Heat Exchangers - Basics Design Applications. 2012. Pp. 533–550.

19.Kho T. Effect of flow distribution on scale formation in plate and frame heat exchangers // Chem Eng Res Des. 1997. Pp. 635–640.

20.Chernyshev D.V., Kuplenov N.I. Features of scale distribution on the surface of a plate water heater [Osobennosti raspredeleniya nakipi po poverhnosti plastinchatogo vodonagrevatelya].

Energy saving 2000 international scientific and technical conference: Tulu. Tula, 2000. 127 p. (rus)

21.Belenky E.A. Rational system of water heating [Racional'nye sistemy vodyanogo otopleniya]. L.: Gosstroizdat. 1963. 208 p. (rus)

22.Minko V.A., Seminenko A.S., Alifanova A. I., Elistratova Yu. V., Tkach L. V. Assumptions and premises of heating systems hydraulic calculation methods. Eco. Env.& Cons. 21(2). Pp. 55–60.

Information about the authors

Elistratova, Yulia V. Assistant. E-mail: yulis3790@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

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

Minko, Vsevolod A. DSc, Professor E-mail: va.minko@gmail.com. Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

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

Received 15.10.2020

Для цитирования:

Елистратова Ю.В., Семиненко А.С., Минко В.А., Рамазанов Р.С. Особенности распределения потоков жидкости в пластинчатых теплообменниках // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 47–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-47-55

For citation:

Elistratova J.V., Seminenko S.A., Minko V.A., Ramazanov R.S. Features of liquid flow distribution in plate heat exchangers references. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 47–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-47-55

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-56-64

*Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В.

Южный федеральный университет, Академия архитектуры и искусств

*E-mail: AMI0202@yandex.ru

ОСОБНЯКИ И ЖИЛЫЕ ДОМА НОВОЧЕРКАССКА 1900–1910 ГОДОВ

Аннотация. Особняки и индивидуальные жилые дома, построенные в начале XX века, составляют основу уникальной пространственной среды исторического центра Новочеркасска, в которой гармонично сочетаются черты традиционной архитектуры казаков и следование столичной архитектурной моде, подражания Санкт-Петербургу. Особенности архитектуры войсковой столицы были обусловлены историей его формирования, социальной структурой населения, характером экономической деятельности и культурной жизни. В ходе подготовки материалов статьи были использованы методы натурных и историко-архивных исследований, сравнительный анализ произведений и их деталей, метод аналогий. На основе всестороннего анализа ряда наиболее характерных объектов – особняк Г.М. Сальникова, особняк Шамариных, дом атамана А.В. Самсонова, жилые дома войскового старшины В. А. Ратченкова и казака И. А. Сулова – выявлены объемно-планировочные, композиционные и архитектурно-художественные особенности особняков и жилых домов Новочеркасска 1900–1910-х годов. Авторами обозначены закономерности расположения двух типов жилья в структуре города, выявлены распространенные тенденции стиля модерн в особняках, проведен сравнительный анализ функционально-планировочной организации и художественно-образного решения казачьего куреня и городского жилого дома. В результате исследования показан характер влияния на жилую архитектуру Новочеркасска 1900–1910 годов двух разнонаправленных тенденций – столичной профессиональной проектной практики и местной народной традиции.

Ключевые слова: архитектура Новочеркасска, жилые дома, особняки, модерн, казачий курень.

Введение. Одним из доминирующих элементов застройки исторических районов Новочеркасска стали малоэтажные жилые дома и особняки. Несмотря на сложные переломы истории, безусловно нашедшие отражение в облике города, эти объекты в основном сохранились в хорошем состоянии. Однако активизировавшиеся в последние годы процессы интенсивного нового строительства в исторических центрах городов Юга России, тенденции уплотнения городской ткани, угрожают сложившейся неповторимой пространственной среде разрушением. «Сегодняшние представления о цели деятельности архитектора, градостроителя, дизайнера, урбаниста ориентированы на создание целостности, которая именуется различными прилагательными к термину среда...» [1]. Примером разрушения этой сложившейся «целостности» может послужить негативный опыт города Нахичевани-на-Дону (в настоящее время это район Ростова-на-Дону), своеобразная историческая среда которого неуклонно разрушается, на месте наделенных самостоятельным художественным образом и обладающих самобытными пространственно-планировочными решениями особняков строятся многоэтажные дома. В этих условиях всесторонний анализ сохранившихся зданий и выявление закономерностей формирования пространственной среды исторического центра Новочеркасска становится актуальным и может быть использован в архитектурно-реставрационном проектировании, а также, что особенно важно, в работе над

проектами реконструкции исторических кварталов, что во многом определяет практическую значимость проведенного исследования. Научную новизну данной статьи определяют сбор и систематизация материалов натурных обследований, обмеров и фотофиксации объектов, историко-архивных материалов, а также выявление закономерностей построения и особенностей функционально-планировочного и архитектурно-художественного решения жилых зданий Новочеркасска 1900–1910 годов.

Методология. В ходе изучения произведений жилой архитектуры начала XX века в Новочеркасске использовались методы историко-архивных и натурных исследований объектов. Был выполнен искусствоведческий, графический и сравнительный анализ произведений традиционного народного жилья и городских домов, картографический анализ в сочетании с исследованием статистических источников рубежа XIX–XX веков. Авторами использовался метод аналогий, выявлены черты стиля модерн в особняках центрального района войсковой столицы. Был проведен сравнительный анализ произведений традиционной архитектуры казаков Верхнего Дона и жилых домов в исторических районах Новочеркасска с целью определения идентичности функционально-планировочной организации и выявления направлений трансформации традиционных элементов жилого дома.

Основная часть. В жилой архитектуре, особенно в индивидуальном жилье, наилучшим образом отражаются не только эстетические устремления и технические возможности времени, но и образ жизни владельцев дома, их привычки и бытовые потребности. Кроме того, для архитектуры жилых домов нередко свойственно долгое сохранение местных строительных традиций, сложившихся под влиянием природно-климатических характеристик местности и традиционного уклада жизни местного населения.

Используя предложенную Г.В. Есауловым систему координат, предусматривающую наличие трех пластов архитектуры – «архитектура, созданная в рамках проектного творчества профессионалов», народная архитектура и «архитектура без архитектора» [2], – можно признать, что в жилой архитектуре Новочеркасска наглядно представлены и территориально локализованы два пласта – профессиональная и народная архитектура. Историей основания Новочеркасска, особенностью первого этапа заселения города, заложено сосуществование двух контрастных типов индивидуальных жилых домов, сложившихся к началу XX века:

- Первый тип – это городской жилой дом, построенный в традициях народного жилья казаков – куреня;
- Второй тип – это особняк стиля модерн, воплощающий основные черты петербургской школы архитектуры.

История образования Новочеркасска и формирования его градостроительной системы. 23 августа 1804 г. император Александр I подписал указ об основании новой войсковой столицы – Новочеркасска. После того, как специально созданная комиссия определилась с местоположением нового города, который решено было заложить в урочище Бирючий Кут, расположенном в междуречье Аксая и Тузлова, инженер Франц Павлович Деволян составил регулярный генеральный план и связанный с ним проект «О проведении Дона в его рукав Аксай». План города и проект соединения рек были утверждены императором 31 декабря 1804 г., а 18 мая 1805 г. состоялась церемония закладки новой войсковой столицы [3]. К числу важнейших построек, строительство которых началось одновременно с закладкой города, относятся собор, церкви, гостиный двор, войсковая канцелярия, гимназия. Именно эти здания определили облик административного центра города. Столичный характер Новочеркасска поддерживается принятой строгой иерархией системы проспектов, улиц и бульваров, при этом в качестве образца был выбран Санкт-Петербург. «Проспекты с бульварными имели внушительную ширину – 50 метров,

улицы 30, а переулки 12 метров. Центральный стержень всей планировочной композиции был образован проспектами: Платовским, Ермаковским и Троицким (переименованным потом в Баклановский). Петербургский и Крещенский спуски были, соответственно, ориентированы на въезд в город с севера и юга. Проспекты соединялись большими площадями, от которых радиально расходились улицы» [4].

Одновременно определяется уникальное административно-территориальное разделение нового города на станицы, читаемое в трехчастной структуре генерального плана. «Сначала Новочеркасск был разделен на три части, а 24 апреля 1817 г. на три станицы: Верхнюю, Среднюю и Нижнюю, из которых в последующее время составили две, а затем и одну станицу» [5]. Казаки переселялись в новые районы города из старых станиц вместе с соседями, сохранив привычный уклад жизни, и, что принципиально важно, сложившиеся традиции домостроения.

При том, что функция войсковой столицы несомненно является для Новочеркасска определяющей и формированию административной войсковой системы здесь уделяется максимальное внимание, в начале XIX в. были заложены основы и других отраслей городской жизни: образование, медицина, просвещение, общественная жизнь. При атамане Платове «в новом городе стали являться и некоторые нововведения в общественной жизни донцов»: конские скачки, вольтижировки, большие охоты, народные празднования, праздничные иллюминации [3]. Первыми примерами приобщения казачества к новому укладу жизни могут служить празднования закладки города и торжественного перенесения войсковых регалий в новую столицу из Черкасска, прошедшее через год.

В годы атаманства Платова оформляются основные социальные группы, составившие общество Новочеркасска в последующее время: «начало действовать привилегированное сословие дворян с представителями его депутатами во главе, возникло торговое общество казаков, в состав которого могло войти не больше 300 казаков из Черкасска и четырех станиц...» [3].

Согласно статистическому описанию войсковой столицы, составленному в 1872 г., из всего взрослого мужского населения Новочеркасска 22 % служат в государственной службе. Из взрослого населения обоего пола 15 % занимаются ремеслами, 18 % принадлежат к разряду домашней прислуги, 6 % занимается торговлей, промыслами и 5 % живут частной службой. Капиталистов в Новочеркасске числилось 0,9 %, а вот доходами с земель живут 3 %, с домов – 9 %. «Следовательно эти данные подтверждают давно

уже сложившееся убеждение о Новочеркаске, как о городе по преимуществу административном и далеко не коммерческом» [6]. На рубеже XIX–XX вв. ситуация изменилась не значительно.

Во второй половине XIX в. характерной чертой Новочеркасска является контраст между жизненным укладом «патриархальной» части войсковой столицы (восточная и отчасти южная часть), жители которой придерживались традиций «казацкой старины», и центра города, стремящегося к подобию Санкт-Петербурга, что нашло отражение в различии архитектурного облика центра и окраин города. Застройка «патриархальных» районов опирается на традиции жилого строительства казаков и состоит, согласно описанию 1890-х гг., преимущественно из «желтеньких деревянных домиков» [7]. Постройки центральных кварталов Новочеркасска отражают основные тенденции, распространенные в столичной архитектуре второй половины XIX – начала XX вв.

Традиции народной архитектуры в городской застройке Новочеркасска. Анализ застройки районов войсковой столицы показывает, что по сравнению с 1890-ми годами в начале XX века ситуация немного изменилась – площадь так называемых «патриархальных» районов разрастается, а на улицах центрального района деревянные дома постепенно заменяются новыми каменными, построенными в соответствии со столичной модой, что расширяет стилистическую палитру образа города.

Если в 1890-е годы «патриархальная» застройка концентрируется в восточной и южной части войсковой столицы, то к рубежу веков осваивается район на севере города, ограниченный проспектами Троицким и Санкт-Петербургским, улицами Иловайской и Краснокутской, где до настоящего времени сохранилось значительное количество домов, объемно-планировочные и художественные характеристики которых развивают принципы построения казачьего куреня.

Многонациональный состав населения Дона способствует многообразию форм народной жилой архитектуры, привнесенных извне и адаптированных к местным природно-климатическим условиям. Вместе с тем, именно в архитектуре типичного жилого дома казачьих станиц – казачьего куреня – наиболее полно и наглядно выявлены черты рациональности, соответствия местным природным условиям и бытовым привычкам. Возводимые в естественной природной среде курени отличаются узнаваемостью и своеобразием форм, продиктованных рациональным отношением к выбору строительных материалов

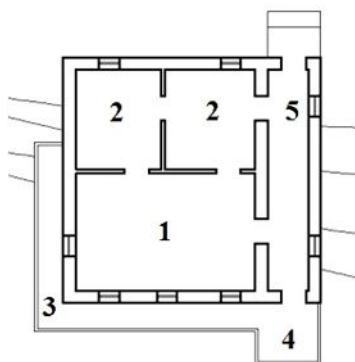
и конструкций, объемно-планировочному решению, учитывающему характерную особенность природно-климатических условий – систематическое затопление территорий во время разливов реки Дон.

Курени появились на Дону во второй половине XVII столетия, когда жизнь приобрела более оседлый характер, но до настоящего времени сохранились только образцы конца XIX века, что связано с недолговечностью основного используемого материала – дерева, а также разрушительными и частыми пожарами. «Тесная застройка улиц станицы являлась причиной частых пожаров в Черкаске, которые дотла выжигали деревянные строения. «Все без исключения деревянные дома, – писал де Романо, – имеют галерею по фасаду и еще с одной стороны: на них спят летом. ... Эти наружные галереи – готовые костры во время пожаров: улицы так узки, что с противоположных галерей можно пожимать друг другу руки». Поэтому дошедшие до нас курени относятся в основном ко второй половине XIX столетия» [4].

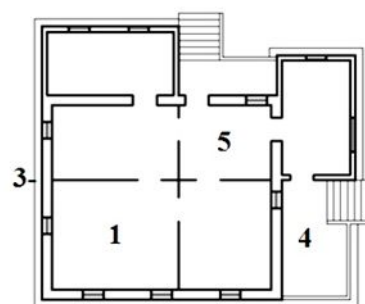
Исследование проводилось на материалах станиц Верхнего и Нижнего Дона – станицы Вешенская, Раздорская, Пухляковская, Старочеркасская, Аксай, Верхне – и Нижнегниловская, Цимлянская, Донская. Опыт анализа застройки этих станиц дает возможность оценить разнообразие подходов к пространственной организации усадьбы. При общности основных элементов казачьей усадьбы их взаимное расположение на участке зависит от конкретных условий (рельеф, близость реки, значение улицы в структуре станицы). Так, в хуторе Донском усадьбы «парадной частью ориентированы на Дон, вдоль которого проходит единственная улица хутора, одновременно являющаяся набережной с многочисленными лодочными причалами. Вдоль ограды дворов располагают рыболовецкие снасти и лодки. Каждое подворье продолжается кладкой – далеко выдающимся в пространство реки мостиком на металлических или деревянных опорах» [8]. В станице Раздорской, отличающейся сложным рельефом с большими перепадами высот в пределах одной усадьбы, со стороны улицы вход организован и на второй, и на первый этажи, а со стороны двора сразу на второй.

Ежегодные наводнения привели к созданию единообразного типа куреней. Как правило, все они строились на высоких сваях или каменном подклете, которые предохраняли внутренние комнаты от затопления водой. Или имеют высокий фундамент. Нижний этаж (омшаник) использовался в качестве подсобных помещений для хранения различного хозяйственного инвент-

таря. Чтобы попасть в жилой верх, надо подняться по высокой лестнице на «галдарею» (закрытый со всех сторон балкон). По двум или трем внешним сторонам стен проходил узкий помост, балкончик-«балясник», шириной около 70 сантиметров, огражденный или не огражденный. Балкончик был очень удобен для закрывания



а



б

Рис. 1. а – Станица Раздорская. Курень зажиточного казака. Конец XIX в.

б – Новочеркасск. Жилой дом казака И. И. Сулова Начало XX в.

1 – горница, «зал», 2 – спальня, 3 – балясник, 4 – галдарея, 5 – сени

Природно-климатические условия оказали значительное влияние на подбор строительных материалов. Дерево использовалось как основной конструктивный материал. «Строили дома из деревянных наборных пластин, в заборку и из деревянного бруса, для чего использовали местный лес: дуб, вяз, вербу, часто срубленные в собственной леваше. Наружные и внутренние стены обивались дранкой. В промежутках между ними набивалась глина, перемешанная с соломой. После высыхания стены куреня смазывались глиной с песком повторно, потом покрывались раствором мела. Верхний слой белой глины предохранял от распада нижний слой красной глины. Иногда делали срубы со стенами, гладко оструганными изнутри и тщательно подогнанными друг к другу. Такие срубы обмазывали глиной только с внешней стороны» [9]. При этом подклет (первый этаж) делался каменным или кирпичным и оштукатуривался.

Архитектура Новочеркасска представляет несколько вариантов переноса образа куреня в структуру городской застройки, а также пространственно-планировочные заимствования, связанные с сохранением традиционного (патриархального) уклада в условиях городской жизни.

Наиболее часто встречающиеся подходы:

- Повторение планировки традиционного казачьего куреня с выявлением репрезентативной («зал») и личной (спальня, кухня) функциональных зон.
- Развитая система летних помещений (открытая галерея, крытое крыльцо, веранда, закрытый балкон, вариации на тему галдареи).
- Разделение дома на деревянные «верхи» (жилые помещения) и каменные «низы» (высокий, сильно выступающий цоколь; нижний этаж, лишенный декора с небольшими окнами или нишами, имитирующими окна).

- Имитация балясника над сильно выступающим каменным цокольным этажом.
- Строительство летней кухни «стряпки» и флигеля.
- Колористическое решение жилых домов, с преобладанием синего, охристого и белого цветов.

Природно-климатические условия Новочеркасска значительно отличаются от условий большинства казачьих станиц – город расположен на возвышенности и не подвергался затоплениям никогда. Однако на новое место жительства казаками-переселенцами переносится и объемно-планировочное решение куреней, и традиционный образ казачьей усадьбы. При этом некоторые планировочные элементы и архитектурные приемы теряют свою практическую значимость, обусловленность внешними факторами и модернизируются. В качестве примера можно назвать дом казака И.И. Сулова (ул. Комитетская, 53), дом войскового старшины В.А. Ратникова (улица Красный (Крещенский) спуск, 40), дом священника П.Н. Пашутина и наследников (улица Красный (Крещенский) спуск, 18) [10].

Особняки в стиле модерн. Другим полномасштабным жилым строительством Новочеркасска 1900–1910-х годов стали особняки в стиле модерн, владельцами которых были в первую очередь представители дворянства и войсковой администрации, которые нередко были связаны с петербургским обществом и стремились придерживаться соответствующего образа жизни. «Глубоким творческим исканием сопутствовало поверхностное тиражирование новоизобретенных форм» [11]. Знакомство со столичной модой, в том числе архитектурной, стимулировало заказчиков в начале XX века к выбору нового стиля, а знакомство с его лучшими образцами способствовало распространению не только декоративных форм, но и более глубинных характеристик.

Тип особняка изначально связан со стилистикой модерна функционально и образно. «Особняки модерна характеризуют определенные качества: свободная постановка здания на участке, визуальное взаимодействие с окружающим пространством; цельность, объемность композиции, пластическая выразительность масс, живописно-асимметричная группировка объемов; отсутствие иерархии фасадов (всефасадность), множественность ракурсов восприятия; свободный план, обусловленность функцией планировочного решения; органичная связь внешнего и внутреннего пространств; обусловленность формы внешнего объ-

ема и архитектурных элементов оформления фасада параметрами внутреннего пространства; стилизация форм (эстетическая трансформация природы, единообразие трактовки разнородных форм); характерный для стиля модерн подход к декору («структурный рационализм»)» [12].

Важнейшей характеристикой архитектуры особняков модерна является выявление во внешнем объеме функционально-пространственной организации помещений, что наиболее полно отражено в зданиях со свободной планировкой, соответствующих пространственной концепции «изнутри-наружу». Лучшим примером является особняк архитектора Григория Михайловича Сальникова, который до 1910 года занимал должность инженера в областном правлении войска Донского, в Новочеркасске (архит. Г.М. Сальников, 1908–1909 гг.) [13]. Благодаря свободному расположению на участке, здание представляет собой целостный, динамичный, составленный из отдельных пластических элементов объем с неразрывным перетеканием фасадных композиций (рис. 2). Каждый фасад по отдельности имеет свое решение, обладая самостоятельной художественной ценностью. Особую выразительность и пластику зданию придают возвышающиеся над уровнем первого этажа элементы: круглая в плане угловая башня, завершенная шатром, и мезонины восточного и южного фасадов. Декоративное убранство особняка обобщает тенденции раннего, романтического и рационального модерна. Это и стилизованные формы средневековой архитектуры (круглая в плане башня с шатром, пластическое решение балкона над входом), геометризованный орнамент, плоские лопатки, форма оконных проемов со скругленными углами, пластичные наличники. Криволинейное завершение мезонинов оформлено в виде сложных карнизов, по форме напоминающих волюты. При свободной планировке здания, не предусматривающей сохранения целостности структуры квартала, красная линия застройки поддерживается оградой сада, активно выявленной в общей композиции уличного фасада.

В 1900 годы «Россия еще не исчерпала увлечения многостильем, а потому творчество большинства русских архитекторов той поры осталось по существу стилизаторским... Новый стиль модерн, увы, как и предыдущие стили, пришел извне, а потому, прежде всего, был воспринят выразительный внешний образ его новостроек и оригинальный декор – то есть русские зодчие усвоили стиль в привычных координатах исторического многостилья» [14].

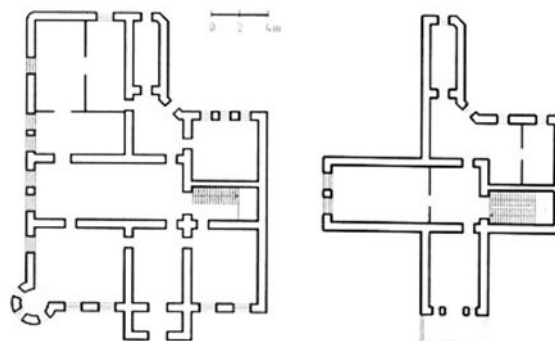


Рис. 2. Особняк Г.М. Сальникова. Архит. Г. М. Сальников, 1908–1909 гг.

Характерным для начала XX века является объемно-планировочное решение особняков, полностью соответствующее параметрам земельного участка, а также поддерживающее красную линию квартальной застройки. В этом случае план здания тяготеет к правильной прямоугольной форме, акцент декоративного убранства переносится на фасад, обращенный на улицу, а пространственные характеристики помещений выражаются во внешнем объеме благодаря ризалитам, раскреповкам, разнообразным по форме и размерам оконным и дверным проемам. При этом игнорируется принцип всефасадности, свободная планировка уступает место более регулярному, традиционному решению внутренних пространств. Однако сохраняются свойственные модерну декоративные формы, асимметрия, стилизация. Так построен, например, особняк семьи урядника Ф.И. Шамарина в Новочеркасске (ул. Мариинская (Дубовского), 31, 1900 гг.) [10].

Наряду с особняками, которые демонстрируют все черты модерна, в архитектуре Новочеркасска зачастую встречаются примеры обращения только к декоративным и композиционным приемам решения фасадов, как, например, в доме атамана (улица Московская, 49, 1907 г.) [2] и в особняке «Дом с совой» (улица Дубовского, 8, 1910 г.) [5]. Новаторство архитектуры модерна нашло свое отражение в динамичных композициях фасадов, отличающихся свободным асимметричным построением. Важную роль при этом играет не только художественная логика, но и свойственный модерну принцип выявления в деталях и композиции внешнего объема здания функционального назначения и пространственных характеристик помещений. В этих особняках использован прием выявления входного узла и лестничного пространства во внешнем объеме. Доминирующим элементом асимметричного

главного фасада дома атамана, стал сильно выступающий ризалит главного входа, который возвышается над венчающим карнизом, выделяется цветом и активным рустом на фоне облицованной коричневой глазурованной плиткой фасадной стены. Нарядный и торжественный вид входу придает усложненной подковообразной формы люнет, декорированный лепным орнаментом, стилизующим растительные формы. Неотъемлемой частью архитектурно-художественного образа «Дома с совой» стало объемное скульптурное изображение совы, расположенное в нише портала входа в здание. Эта скульптура, а также другие приемы (сочетание различной фактуры природного камня и глазурованной плитки цвета охры, визуальное выявление конструктивного каркаса, стилизованный островерхий портал, имитация квадров кладки) безусловно сближают здание с лучшими образцами «северного модерна», распространенного в Петербурге.

Выводы. Анализ ряда особняков и жилых домов Новочеркасска 1900–1910 годов дает возможность сделать следующие выводы.

1. История основания и начальный этап заселения новой войсковой столицы определил характер градостроительной структуры, одной из особенностей которой стало четкое выделение городского центра и районов – станиц, куда переселялись казаки, сохранив привычный жизненный уклад и сложившиеся традиции домостроения.

2. К началу XX века в Новочеркасске сложилось два типа жилья – дом, развивающий традицию казачьего куреня, в «патриархальных» районах города и особняк в стиле модерн, соответствующий образу войсковой столицы.

3. Основные планировочные элементы традиционного казачьего куреня трансформируются в условиях городской застройки, сохраняя при

этом узнаваемость форм, функционально-планировочные характеристики, отражающие бытовые привычки и поведенческую символику, а также строительные приемы.

4. В особняках центрального района Новочеркасска проявляются основные черты столичного модерна, в том числе особого варианта романтического направления стиля – «северного модерна».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есаулов Г.В. Проблемы среды жизнедеятельности в научных исследованиях. // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Москва. 2018. С. 51–58.
2. Есаулов Г.В. Классика в механизмах рождения архитектуры // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 12. С. 39–44.
3. Кириллов А. Город Новочеркасска. Отдельный оттиск из «Донских Епархиальных Ведомостей». Новочеркасска: Частная Донская типография, 1905. 60 с.
4. Кулишов В. И. В Низовьях Дона. Москва: Искусство, 1987. 175 с.
5. Новочеркасска. Отдельный оттиск из «Донских Епархиальных Ведомостей» - Новочеркасска: Донская типография. 1890. 58 с.
6. Новочеркасска по переписи 15 декабря 1872 г. Труды Областного войска Донского статистического комитета. Вып.2. Новочеркасска, 1874. 239 с.
7. Греков А.М. Среди Донских обывателей. Ростов на Дону: типография И.А. Тер-Абрамиана, 1894. 75 с.
8. Матишов Г.Г., Власкина Т.Ю., Венков А.В., Власкина Н.А. Социально-исторический портрет дельты Дона: казачий хутор Донской. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 8 с.
9. Попова М. Ф. Бытовая культура казачества Верхнего Дона конца XIX – начала XX века. // Тальцы. 2008. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.pribaikal.ru/talci-items.html> (дата обращения: 19.11.2020)
10. Новочеркасска. Справочная книжка с приложением. сост. Б.В. Краснов. Новочеркасска: Типография Карасева, 1896. 725 с.
11. Кириков Б.М. Архитектура петербургского модерна. Особняки и доходные дома. Санкт-Петербург: Коло, 2014. 573 с.
12. Иванова-Ильичева А.М., Баева О.В., Орехов Н.В. Особняки в архитектуре Ростова и Нахичевани-на-Дону 1890–1910 годов: композиционно-стилистические особенности // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. Тамбов: Грамота, 2017. № 2(76). С. 109–111.
13. Памятная книжка области войска Донского на 1910 год – Новочеркасска: Областная войска Донского типография и типография П. В. Болдырева, 1910. 169 с.
14. Нащокина М. В. «Многостилье» русского модерна // Модерн в России накануне перемен: сборник научных статей XXIII Царскосельской конференции. - Санкт-Петербург: Серебряный век, 2017. С. 453–465.
15. Есаулов Г.В. Архитектура Юга России: от истории к современности. Очерки. Монография. Москва: «Архитектура-С», 2016. 568 с.

Информация об авторах

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

Орехов Николай Власович, доцент кафедры живописи, графики и скульптуры. E-mail: NIKOR42@yandex.ru. Южный федеральный университет, Академия архитектуры и искусств. Россия, 344082, г. Ростов-на-Дону, ул. Максима Горького, 75.

Поступила 22.11.2020 г.

© Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В., 2020

**Ivanova-Ilyicheva A.M., Orekhov N.V.*

Southern Federal University, Academy of architecture and arts

**E-mail: AMI0202@yandex.ru*

MANSIONS AND RESIDENTIAL BUILDINGS OF NOVOCHERKASSK 1900–1910

Abstract. Mansions and individual residential houses of the early XX century form the basis of the historical center of Novocherkassk. The building of the city harmoniously combines features of traditional Cossack housing and adherence to the capital's architectural fashion, imitation of St. Petersburg. The history of the

formation of the city, the social structure of the population, economy and culture determined the features of its architecture. In preparing the article, the methods of field and historical archival research, comparative analysis of works and their details, the method of analogies are used. A comprehensive analysis of typical objects – the mansion of G.M. Salnikov, the Shamari's mansion, the house of the ataman A.V. Samsonov, residential buildings of the military master V.A. Ratchenkov and the cossack I.A. Suslova. The space-planning, compositional, architectural and artistic features of Novochoerkassk mansions and residential buildings in the 1900–1910 s are identified. The authors present the patterns of location of two types of housing in the structure of the city. The tendencies of the Art Nouveau style in the mansions are revealed. A comparative analysis of the functional planning organization and artistic-figurative solution of the Cossack kuren and the city dwelling house is carried out. The study shows the influence of two trends on the residential architecture of Novochoerkassk in 1900–1910 – the capital's professional design practice and the local folk tradition.

Keywords: architecture of Novochoerkassk, residential buildings, mansions, Art Nouveau, cossack kuren.

REFERENCES

1. Esaulov G.V. Problems of the living environment in scientific research [Problemy sredi zhiznedeyatel'nosti v nauchnykh issledovaniyakh]. Science, education and experimental design. Moscow. 2018. Pp. 51–58. (rus)
2. Esaulov G.V. Classics in the mechanisms of the birth of architecture [Klassika v mekhanizmax rozhdeniya arkhitektury]. Industrial and civil construction. 2015. No. 12. Pp. 39–44 (rus)
3. Kirillov A. The city of Novochoerkassk. [Gorod Novochoerkassk] Separate reprint from "Donskoy Diocesan Vedomosti". Novochoerkassk: Private Donskaya Printing House, 1905. 60 p. (rus)
4. Kulishov V. I. In the Lower reaches of the Don [V Nizov'yakh Dona]. Moscow: Art, 1987. 175 p. (rus)
5. Novochoerkassk [Novochoerkassk]. Separate reprint from "Donskiye Eparchialnye Vedomosti" - Novochoerkassk: Donskaya Printing House. 1890. 58 p. (rus)
6. Novochoerkassk according to the census on December 15, 1872. Proceedings of the Regional Troops of the Don Statistical Committee. [Novochoerkassk po perepisi 15 dekabrya 1872 g. Trudy Oblastnogo voyska Donskogo statisticheskogo komiteta]. Issue 2. Novochoerkassk, 1874. 239 p. (rus)
7. Grekov A.M. Among the Don inhabitants [Sredi Donskikh obyvateley]. Rostov on Don: printing house of I.A. Ter-Abramiana, 1894. 75 p. (rus)
8. Matishov G.G., Vlaskina T.Yu., Venkov A.V., Vlaskina N.A. Socio-historical portrait of the Don delta: Cossack farm Donskoy [Sotsial'no-istoricheskiy portret del'ty Dona: kazachiy khutor Donskoy]. Rostov-on-Don: Publishing house of the SSC RAS, 2012. 8 p. (rus)
9. Popova MF Household culture of the Upper Don Cossacks at the end of the XIX - beginning of the XX century [Bytovaya kul'tura kazachestva Verkhnego Dona kontsa XIX – nachala XX veka]. Taltsy. 2008. AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.pribaikal.ru/talci-items.html> (date of treatment: 19.11.2020) (rus)
10. Novochoerkassk. Reference book with application [Novochoerkassk. Spravochnaya knizhka s prilozheniyem]. Novochoerkassk: Karasev's printing house, 1896. 725 p. (rus)
11. Kirikov B.M. The architecture of St. Petersburg Art Nouveau. Mansions and tenement houses [Arkhitektura peterburgskogo moderna. Osobnyaki i dokhodnyye doma]. St. Petersburg: Kolo, 2014. (rus)
12. Ivanova-Ilyicheva A.M., Baeva O.V., Orekhov N.V. Mansions in the architecture of Rostov and Nakhichevan-on-Don in 1890-1910: compositional and stylistic features [Osobnyaki v arkhitekture Rostova i Nakhichevani-na-Donu 1890-1910 godov: kompozitsionno-stilisticheskiye osobennosti]. Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art history. Questions of theory and practice. Tambov: Diploma, 2017. No. 2 (76). Pp. 109–111. (rus)
13. Commemorative book of the region of the Don army for 1910 [Arkhitektura peterburgskogo moderna. Osobnyaki i dokhodnyye doma]. Novochoerkassk: Regional troops of the Don printing house and printing house of P. V. Boldyrev, 1910. 169 p. (rus)
14. Nashchokina M.V. «The Many Styles» of Russian Art Nouveau [«Mnogostil'ye» russkogo moderna]. Modern in Russia on the Eve of Changes: collection of scientific articles of the XXIII Tsarskoye Selo Conference. - St. Petersburg: Silver Age, 2017. Pp. 453–465 (rus)
15. Esaulov G.V. Architecture of the South of Russia: from history to the present. Essays. Monograph [Arkhitektura Yuga Rossii: ot istorii k sovremennosti. Ocherki. Monografiya]. Moscow: "Architecture-S", 2016. 568 p. (rus)

Information about the authors

Ivanova-Ilyicheva, Anna M. PhD, Assistant professor. E-mail: AMI0202@yandex.ru. Southern Federal University, Academy of architecture and arts. Russia, 344082, Rostov-on-Don, Maxim Gorky street, 75.

Orekhov, Nikolay V. Assistant professor. E-mail: NIKOR42@yandex.ru. Southern Federal University, Academy of architecture and arts. Russia, 344082, Rostov-on-Don, Maxim Gorky street, 75.

Received 22.11.2020

Для цитирования:

Иванова-Ильичева А.М., Орехов Н.В. Особняки и жилые дома Новочеркасска 1900–1910 годов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 56–64. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-56-64

For citation:

Ivanova-Ilyicheva A.M., Orekhov N.V. Mansions and residential buildings of Novochoerkassk 1900–1910. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 56–64. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-56-64

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-65-73

Тарасенко В.Н., Самойлова А.Ю., Мосиенко А.С.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: tarasenko.vn@bstu.ru*

АКУСТИЧЕСКИЙ КОМФОРТ ПОМЕЩЕНИЯ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Аннотация. Формирование средового пространства учебной аудитории заключается в создании комфортной среды, позволяющей максимально полно осуществлять обучающую функцию. При выполнении учебных занятий следует ориентироваться не только на функции конкретной аудитории, но и учитывать конфигурацию, элементы интерьера, различные варианты расстановки мебели и оборудования, возможности пребывания маломобильных групп учащихся. Рассмотрены основные составляющие акустического комфорта, влияющие на характер распространения звука в помещении. Предложены варианты изменения неблагоприятных акустических характеристик, использование современных акустических штукатурок, изменение функции и расстановки мебели, ей соответствующей. Произведен расчет времени реверберации учебной аудитории в соответствии с предлагаемой концепцией дизайна внутреннего пространства.

Затрагивается довольно актуальная в настоящее время проблема доступности образовательного пространства для людей с ограниченными возможностями движения и слуха. Предложен вариант размещения мебели, позволяющий разместить два посадочных места для специализированных кресел. Кроме того, современные требования к расстановке мебели позволили внести ряд предложений по изменению наполнения аудитории и размещению учебной мебели и оборудования.

Акустическая комфортность обеспечена набором материалов и приемов расстановки мебели и позволяет осуществлять обучение, в том числе и в удаленном формате. Также он обеспечит студентов необходимым учебным оборудованием и позволит повысить уровень подготовки специалистов.

Ключевые слова: комфортность пребывания, звукопоглощение, эквивалентные площади звукопоглощения материалов и конструкций, акустическое благоустройство, дизайн, реверберация, коэффициент звукопоглощения, диффузность звукового поля.

Введение. Образование играет немаловажную роль в жизни каждого человека. Оно способствует формированию не только грамотного специалиста в изучаемой области знаний, но и личностных качеств, толерантности, дисциплинированности и грамотности людей. В настоящее время существует несколько ступеней образования: начальное, неполное среднее, полное среднее, средне профессиональное, бакалавриат, магистратура, аспирантура, докторантура. Все эти ступени образования человек получает в стенах учебных заведений – в аудиториях различного назначения и классах. Залог успеха в освоении учебной программы на различных её этапах во многом зависит от условий обучения, в том числе и от акустического режима помещения, в котором происходит обмен информацией. Данному вопросу следует уделить пристальное внимание, так как посторонний шум или плохая акустика помещения мешает концентрации внимания ученика на лекционном материале, тем самым, не позволяя усваивать материал в полном объеме. В связи с этим лекторам приходится удерживать внимание аудитории различными приемами, в том числе повышая уровень громкости изложения материала, что впоследствии формирует профессиональные заболевания. Решением данной

проблемы может послужить обеспечение оптимального акустического комфорта, который предусматривает соблюдение баланса между процессом отражения и поглощения звуковой энергии [1–5].

Основная часть. Акустика считается хорошей, если посторонний уровень шума устранен, а полезные звуки акцентированы и имеют четкое звучание. К самым важным факторам при формировании благоприятной акустической обстановки учебных аудиторий следует отнести надлежащее время реверберации, характеризующее гулкость помещения [6–8], диффузность звукового поля и хорошую дикцию лектора.

Дикция отвечает за внятность произношения и включает в себя несколько компонентов, над которыми необходимо и следуют работать: правильная и отчетливая артикуляция, манера произношения, паузы в изложении, позволяющие осмыслить услышанное. Для обеспечения разборчивости речи в аудитории частота изучения находится в диапазоне от 100 до 4000 Гц, а для частоты в 125 Гц желателен спад времени реверберации до 15 % [9, 10, 12]. Разборчивость речи напрямую зависит от времени реверберации. Чем меньше значение этого показателя, тем лучше происходит обмен информацией между и лектором и его подопечным.

Реверберация – это медленное затухание звуковой волны в помещении по завершению действия источника шума, количественной оценкой которой является нормируемое время реверберации. Расчетное время реверберации может отличаться не более чем на 10 % от нормируемого значения, которое, в свою очередь, определяется графически и зависит от объема исследуемого помещения и функции или задач, для которых помещение предусмотрено. Объем помещения, частота звука, громкость и количество применяемого звукопоглощающего материала влияет на время реверберации и диффузность звукового поля в помещении в первую очередь [11, 13–15].

Хорошая слышимость в помещении благодаря диффузии достигается за счет рассеянного отраженного звука, который равномерно распределяется при отражении от поверхностей интерьера. Применение в интерьере помещения разнофактурных поверхностей способствует достижению требуемого уровня диффузности. При необходимости уменьшить данный показатель сле-

дует применять параллельные поверхности с низким коэффициентом звукопоглощения, что провоцирует появления череды циклических повторений звуковой волны. Для полного или частичного предотвращения диффузности звуковой волны применяются звукопоглощающие материалы [16, 17].

В работе приведен дизайн - проект и предложения по улучшению акустического комфорта учебной аудитории, используемой для лекционных занятий, с числом посадочных мест 54 (на примере 508 УК 3 БГТУ им. В.Г. Шухова). Были проведены первичные обмеры и фиксация интерьеров аудитории (рис. 1). Основная задача состояла в оценке звукопоглощающей способности материалов, применяемых в отделке в аудитории в настоящее время с последующей заменой их на более современные отделочные материалы (при необходимости). Еще одной задачей была проверка существующего расположения мебели в помещении на ее соответствие современным требованиям для обеспечения доступности пребывания маломобильных групп населения и функционального назначения помещения.



Рис. 1. Интерьеры исследуемой учебной аудитории

Для расчета среднего времени реверберации аудитории необходимо произвести замеры помещения и вычислить площади разнофактурных материалов, используемых в интерьере. Для этого необходимо было выполнить развертку стен (рис. 2) и план подвесной потолочной системы с идентификацией материалов плит потолочных и светильников (рис. 3).

В 2008 г. Российская Федерация подписала, а в 2012 г. ратифицировала Конвенцию ООН о правах инвалидов и взяла на себя обязательства по обеспечению доступности среды для маломобильных групп населения [18–20], в связи с этим была произведена перестановка мебели в учебной аудитории (рис. 4) для обеспечения удобства

размещения учащихся с ограниченными возможностями движения, кроме того выполнены нормы по расстановке мебели в учебной аудитории с учетом изменения функции – компьютерный класс дипломного проектирования с возможностью работы в удаленном режиме. Количество посадочных мест в аудитории сокращено до 15.

По завершению обмеров помещения были выполнены расчеты среднего времени реверберации на частотах 125, 500 и 2000 Гц в соответствии с требованиями [1], данные расчетов приведены в табл. 1, 2.



Рис. 2. Развертка по стенам с уточнением площадей разнофактурных материалов, используемых в отделке учебной аудитории:

- штукатурка гипсовая гладкая окрашенная площадью 11,26 м²;
 – доска интерактивная с зазором 50 мм площадью 3,0 м²;
- двери легкие сотовые площадью 4,11 м²;
 – штукатурка акустическая из тонкогранулированной минеральной ваты площадью 44,14 м²;
- оконные проемы с остеклением однокамерными стеклопакетами площадью 8,86 м²;
 – деревянная панель толщиной 5 – 10 мм с воздушным промежутком 50 мм.

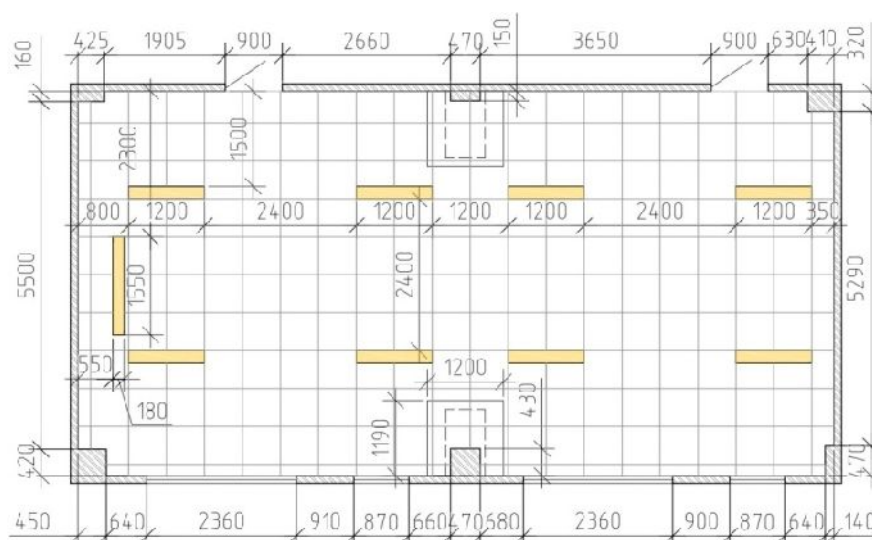


Рис. 3. План подвесной потолочной системы с указанием светильников

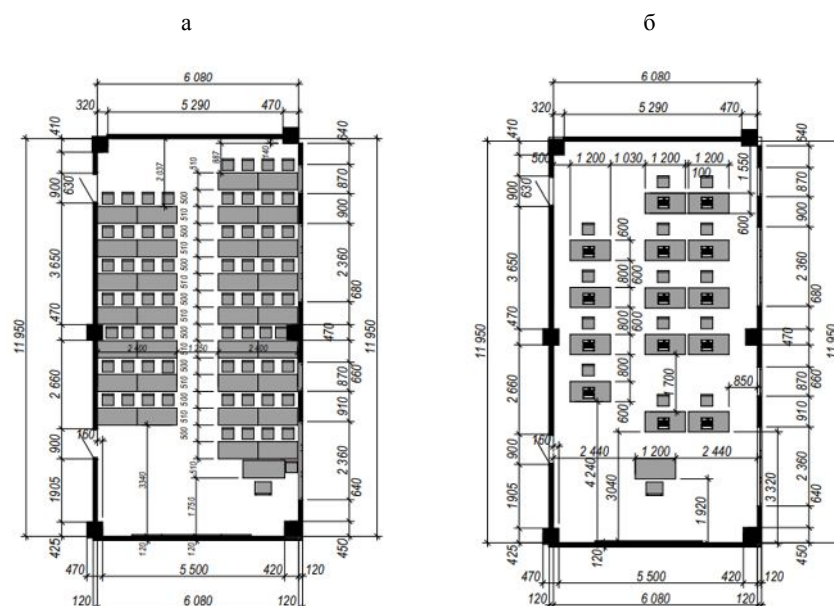


Рис. 4. План расстановки мебели: а – лекционная аудитория до перестановки мебели вместимостью 65 посадочных мест; б – компьютерный класс дипломного проектирования с возможностью проведения занятий дистанционно вместимостью 15 посадочных мест

Таблица 1

**Эквивалентные площади звукопоглощения существующих материалов отделки стен,
пола, потолка**

Наименование поверхности интерьера	Вид и материал отделки поверхности	Площадь поверхности, м ²	Среднегеометрические частоты нормирования, Гц					
			125		500		2000	
			коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$
Пол	Керамогранит Beton BQ4W523 598×598 мм, Kerama Marazzi	72	0,01	0,72	0,01	0,72	0,02	1,44
Стены	Деревянная панель ламинированная толщиной 5 мм с воздушным промежутком 50 мм, фактура "Дуб беленый"	23,34	0,25	5,84	0,06	1,40	0,04	0,93
	Штукатурка акустическая из тонкогранулированной минеральной ваты Кнауф AkustikPutz	45,54	0,21	9,56	0,42	19,13	0,47	21,40
	Штукатурка гипсовая гладкая окрашенная Кнауф Ротбанд	13,54	0,012	0,16	0,017	0,23	0,023	0,31
	Доска интерактивная маркерная с зазором 50 мм	3	0,12	0,36	0,12	0,36	0,08	0,24
Двери (2 шт.)	МДФ ламинированная легкая сотовая	4,11	0,25	1,03	0,15	0,62	0,08	0,33
Потолок	Плиты пористые акустические «Акмигран» размером 300×300×8 мм	69,75	0,01	0,70	0,01	0,70	0,02	1,40
Осветительные приборы	Панели IM 600×1200 мм A-48W	2,2	0,39	0,86	0,08	0,18	0,08	0,18
Окна	Однокамерный стеклопакет СПО 4M1-16-4M1	8,86	0,25	2,22	0,1	0,89	0,04	0,35
Суммарная площадь S, м ²		242,34						
Суммарное отношение $\alpha \times S$ по среднегеометрическим частотам				21,44		24,21		26,58

Таблица 2

Эквивалентные площади звукопоглощения мебелью и одеждой учащихся

Наименование поверхности звукопоглощения	Количество студентов	Среднегеометрические частоты нормирования, Гц					
		125		500		2000	
		коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$
Слушатели на деревянных полужестких стульях при заполнении аудитории на 70 % (общее число посадочных мест – 15)	11	0,17	1,87	0,47	5,17	0,50	5,50
Столы ученические ламинированный МДФ	15	0,06	0,90	0,22	3,30	0,17	2,55
Стул полужесткий	15	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30
Суммарное отношение $\alpha \times S$ по среднегеометрическим частотам			3,07		8,77		8,35

Время реверберации рассчитывалось с использованием стандартных методик, изложенных в работах [1-4]. Для данной аудитории результаты расчетов времени реверберации приводятся ниже.

Время реверберации на частоте 125 Гц составляло:

$$A_{\text{общ.}} = 21,14 + 3,07 + 0,06 \cdot 240,94 = 38,67 \text{ (м}^2\text{)}. (1)$$

$$\alpha = \frac{38,67}{240,94} = 0,16; \quad \phi = 0,19;$$

$$T = 0,163 \cdot \frac{187,2}{0,19 \cdot 240,94} = 0,67 \text{ (с)}.$$

Время реверберации на частоте 500 Гц составляло:

$$A_{\text{общ.}} = 23,63 + 8,77 + 0,04 \cdot 240,94 = 42,03 \text{ (м}^2\text{)}. (2)$$

$$\alpha = \frac{42,03}{240,94} = 0,17; \quad \phi = 0,21;$$

$$T = 0,163 \cdot \frac{187,2}{0,21 \cdot 240,94} = 0,61 \text{ (с)}.$$

Время реверберации на частоте 2000 Гц составляло:

$$A_{\text{общ.}} = 25,93 + 8,35 + 0,04 \cdot 240,94 = 43,31 \text{ (м}^2\text{)}. (3)$$

$$\alpha = \frac{43,31}{240,94} = 0,18; \quad \phi = 0,22;$$

$$T = 0,163 \cdot \frac{187,2}{0,22 \cdot 240,94 + 0,009 \cdot 187,2} = 0,56 \text{ (с)}.$$

Для удобства выполнения анализа полученные результаты представлены для трех анализируемых частот звучания в табл. 3.

Расчетное время реверберации сравнивают с нормируемой величиной [2, 3], полученной из рис. 5 с учетом объема исследуемого помещения.

Таблица 3

Расчетное время реверберации в компьютерном классе дипломного проектирования с возможностью проведения занятий дистанционно вместимостью 15 посадочных мест

Среднегеометрические частоты нормирования, Гц	Расчетные характеристики					
	Эквивалентная площадь звукопоглощения, м²	Площадь поверхности, м²	α	φ	Время реверберации, с	
	125	38,67	240,94	0,16	0,19	0,67
	500	42,03		0,17	0,21	0,61
2000	43,91	0,18		0,22	0,56	
Среднее значение времени реверберации					0,61	

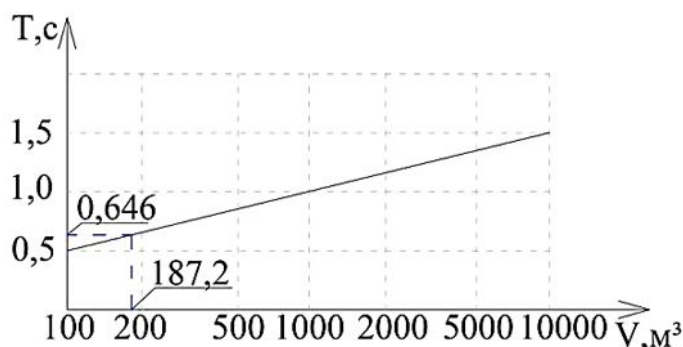


Рис. 5. Влияние объема помещения на нормируемое время реверберации в нем

Нормируемое значение времени реверберации составляет 0,64 с, расчетное составило 0,61 с (табл. 3). Допустимое отклонение расчетного значения от нормируемого составляет 10 %, для данного интерьера аудитории оно находится в пределах нормы (отклонение 4,69 %). Таким образом, данное эскизное предложение обладает акустически комфортными условиями пребывания и обеспечивает обучающую функцию.

Особенность интерьера аудитории – это его лаконичность, подчеркнутая строгими, но простыми формами мебели и оборудования. В композиционном решении прослеживаются гармоничные формы, фактуры и цвета: светло-серые

стены, контрастные колонны и декоративные детали, а также лаконичная мебель и оборудование (рис. 6). Кабинет оснащен интерактивной маркерной доской, которая необходима для более удобного восприятия учебного материала. Для стен кабинета выбраны четыре цвета, основной доминирующий – светло-серый, цвета – компаньоны: темно-серый, терракот и светло-бежевый. Наборное панно абстрактных квадратов на стенах повторяют плиты пола из керамогранита фактурного полового (производитель Kerama Marazzi). Для колонн в качестве отделки и дополнительной звукоизоляции использованы перфорированные плиты из ламинированного МДФ

фактуры, имитирующей древесину (беленый дуб).

Спокойный светло-серый цвет имеет свойство заряжать положительной энергией, что важно для учебного процесса, также он способствует формированию душевной гармонии и

творческого начала. Сочетание основных контрастных цветов позволяет расширить пространство помещения, делая его светлее и ярче в несколько раз, что позволяет учащимся активно работать на занятиях.

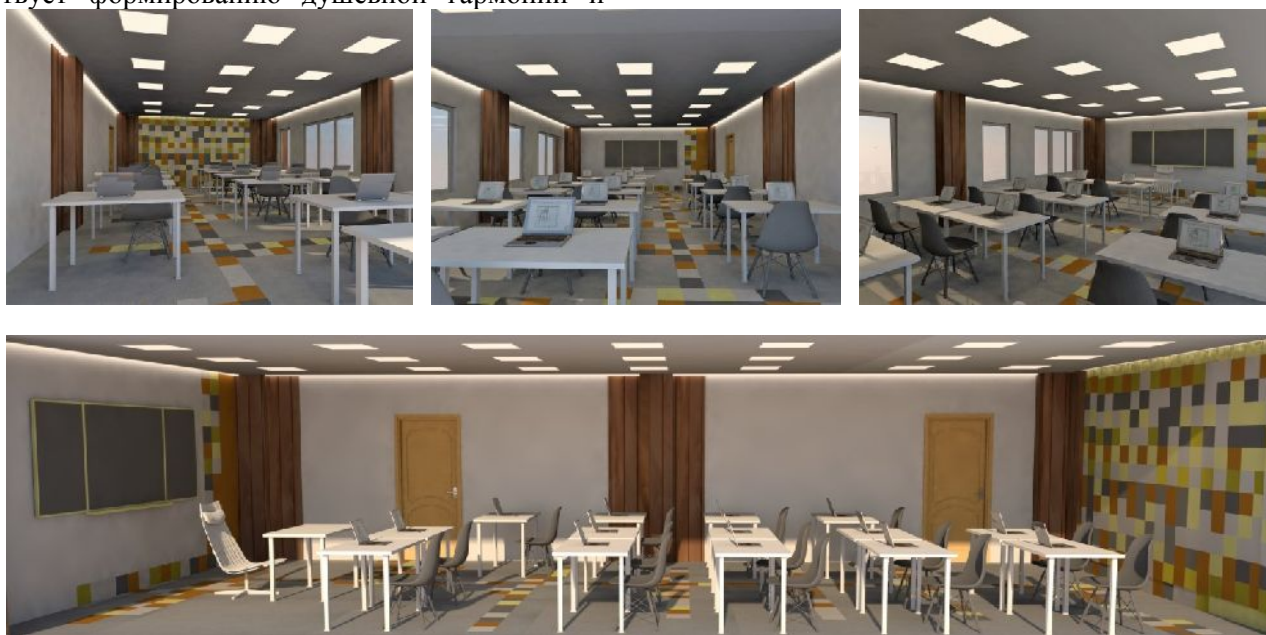


Рис. 6. Визуализация интерьера компьютерного класса дипломного проектирования с учетом замены существующих отделочных материалов на новые, предполагающие улучшение акустического комфорта

Учебные столы сочетаются с цветом стен и имеют светло-серый оттенок. Модель парт имеет стандартную прямоугольную форму, так как такая конфигурация очень удобна в использовании. Стулья представлены в контрастном цвете по отношению к стенам и столам – темно-серый, что смягчает строгость и четкость интерьера.

Выводы. Результаты теоретического анализа расстановки мебели в аудитории показали ее недоступность для использования людьми с ограниченными возможностями по движению. Кроме того, современные требования к расстановке мебели позволили внести ряд предложений по изменению наполнения аудитории и размещению учебной мебели и оборудования.

Последующий расчет времени реверберации позволил предложить новые современные материалы отделки помещения с учетом изменения функции. Акустическая комфортность обеспечена набором материалов и приемов расстановки мебели и позволяет осуществлять обучение, в том числе и в удаленном формате. Также он обеспечивает студентов необходимым учебным оборудованием и позволит повысить уровень подготовки специалистов.

Источник финансирования: Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черныш Н.Д., Тарасенко В.Н. Микроклимат селитебной территории как многокомпонентная среда архитектурно-строительного проектирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 57–61.
2. Тарасенко В.Н., Дегтев И.А., Черныш Н.Д. Акустический комфорт зала многоцелевого назначения ДК студентов БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 29–35.
3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. М.: ОАО «ЦПП». 2011. 42 с.
4. Васильев И.В. Обзор многоканальных систем коррекции акустики // Молодой ученый. 2016. № 5. С. 14–19.
5. Lesovik R.V., Botsman L.N., Tarasenko V.N. Enhancement of Sound Insulation of Lightweight Concrete Based on Nanostructured Granular Aggregate // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. No. 10. Pp. 1789–1793.
6. Некипелова О.О., Некипелов М.И., Маслова Е.С., Урдаева Т.Н. Шум, как акустический стрессор, и меры борьбы с ним // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 55–57.
7. Наугольных К.А., Рыбак С.А. Распространение звука в неустойчивом атмосферном

слое // Акустический журнал. 2007. № 53. С. 477–480.

8. Боганик А.Г. Новые материалы для акустического комфорта // Технологии строительства. 2010. № 4 (73). С. 64–67.

9. Боганик А.Г. Новые решения для звукоизоляции помещений // Технологии строительства. 2007. № 7 (55). С. 80–81.

10. Tarasenko V.N., Degtev I.A., Chernysh N.D. Acoustic Comfort of a Multipurpose Hall Palace of Culture for University Students of BSTU named after V.G. Shukhov // Wschodnio Europejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal). 2016. № 8. Pp. 132–135.

11. Канев Н.Г. Максимальное поглощение звука монополюсом в помещении на низких частотах // Акустический журнал. 2020. Т. 66. №3. С. 327–331.

12. Sun Fei, Guo Shuwei, Li Borui, Liu Yichao, He Sailing. An Acoustic Metamaterial Lens for Acoustic Point-to-Point Communication in Air // Akustic journal. 2019. Vol. 65. No. 1. Pp. 1–6.

13. Богатина А.Ю., Моргун В.Н., Ревякин А.А. Архитектурная и строительная акустика: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2010. 220 с.

14. Куприянов В.Н. Проектирование защиты от шума. Учебное пособие. Казань: КГАСУ, 2010. 112 с.

15. Боголепов И.И. Архитектурная акустика. Санкт-Петербург: Судостроение, 2001. 220 с.

16. Физика среды и ограждающих конструкций. Раздел «Акустика», «Архитектурная физика» раздел «Архитектурно-строительная акустика», «Строительная физика» раздел «Строительная акустика»: лабораторный практикум [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. <http://www.iprbookshop.ru/93879.html> (дата обращения: 6.11.2020).

17. Красильников В.А. Введение в акустику. М.: МГУ, 1992. 152 с.

18. Зацепин А.Ф. Акустический контроль [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68219.html> (дата обращения: 20.11.2020).

19. Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Нормативные документы на строительные материалы и изделия. Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций. Теплоизоляционные, звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы: сборник нормативных актов и документов [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.iprbookshop.ru/30257.html> (дата обращения: 8.11.2020).

20. Ньюэлл Ф. Звукозапись: акустика помещений. М.: Шоу-Мастер, 2004. 182 с.

Информация об авторах

Тарасенко Виктория Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций, ИСИ. E-mail: vell.30@mail.ru; tarasenko.vn@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Самойлова Алина Юрьевна, магистрант. E-mail: alinka_1079@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Мосиенко Анна Сергеевна, магистрант. E-mail: alegezina@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 23.11.2020 г.

© Тарасенко В.Н., Самойлова А.Ю., Мосиенко А.С., 2020

***Tarasenko V.N., Samoylova A.Yu., Mosienko A. S.**
Belgorod State Technological University Named After V. G. Shukhov
**E-mail: tarasenko.vn@bstu.ru*

ACOUSTIC COMFORT OF THE ROOM AS ONE OF THE FORMATION FACTORS OF THE ENVIRONMENTAL SPACE

Abstract. The formation of the environment of the classroom is to create a comfortable environment that allows to fully implement the training function. When performing training sessions, one should focus not only on the functions of a specific audience, but also take into account the configuration, interior elements, various

options for placing furniture and equipment, and the possibility of staying with low-mobility groups of students. The main components of acoustic comfort that affect the nature of sound propagation in the room are considered. Variants of changing unfavorable acoustic characteristics, using modern acoustic plasters, changing the function and arrangement of furniture corresponding to it are proposed. The calculation of the reverberation time of the classroom is made in accordance with the proposed concept of interior design. The issue of accessibility of educational space for people with movement and hearing disabilities is quite relevant at the present time. The result of solving this problem is a variant of furniture placement that allows to place two seats for specialized chairs. Based on the results of the analysis of the acoustic mode of the room, variants of the design project of the diploma design classroom are made using interactive technologies. The results of a theoretical analysis of the placement of furniture in the classroom shows its inaccessibility for use by people with disabilities. In addition, modern requirements for the placement of furniture provides a number of proposals to change the content of the classroom and the placement of educational furniture and equipment. The subsequent calculation of the reverberation time makes it possible to offer new modern materials for finishing the room, taking into account the change in function. Acoustic comfort is provided by a set of materials and furniture placement techniques and allows to conduct training, including in a remote format. It will also provide students with the necessary educational equipment and improve the level of training of specialists.

Keywords: comfort of stay, sound absorption, equivalent areas of sound absorption of materials and structures, acoustic improvement, design, reverberation, sound absorption coefficient, diffusivity of the sound field.

REFERENCES

1. Chernysh N.D., Tarasenko V.N. Microclimate of residential territory as a multicomponent environment for architectural and construction design [Mikroklimat selitebnoy territorii kak mnogokomponentnaya sreda arkhitekturno-stroitel'nogo proyektirovaniya]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2015. No. 6. Pp. 57–61. (rus)
2. Tarasenko V.N., Degtev I.A., Chernysh N.D. Acoustic comfort of the multi-purpose hall for students of BSTU named after V. G. Shukhov [Akusticheskiy komfort zala mnogotsелеvogo naznacheniya DK studentov BGTU im. V.G. Shukhova]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 6. Pp. 29–35. (rus)
3. SP 51.13330.2011. Noise protection. Updated version SNiP 23-03-2003 [Zashchita ot shuma. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIP 23-03-2003]. Moscow: JSC "СРР". 2011. 42 p. (rus)
4. Vasiliev I.V. Overview of multichannel acoustic correction systems [Obzor mnogokanalnykh sistem korrektsii akustiki]. Molodoy ucheniy. 2016. No. 5. Pp. 14–19. (rus)
5. Lesovik R.V., Botsman L.N., Tarasenko V.N. Enhancement of Sound Insulation of Lightweight Concrete Based on Nanostructured Granular Aggregate. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. No. 10. Pp. 1789–1793.
6. Nekipelova O.O., Nekipelov M.I., Maslova E.S., Burdaeva T.N. Noise as an acoustic stressor and measures to deal with it [Shum. kak akusticheskiy stressor, i mery borby s nim]. Fundamentalnyye issledovaniya. 2006. No. 5. Pp. 55–57. (rus)
7. Naugolnykh K.A., Rybak S.A. Sound propagation in an unstable atmospheric layer [Rasprostraneniye zvuka v neustoychivom atmosfernom sloye]. Akustic journal. 2007. No. 53. Pp. 477–480. (rus)
8. Boganik A.G. New materials for acoustic comfort [Novyye materialy dlya akusticheskogo komforta]. Construction Technology. 2010. No. 4 (73). Pp. 64–67. (rus)
9. Boganik A.G. New solutions for sound insulation of premises [Novyye resheniya dlya zvukoizolyatsii pomeshcheniy]. Construction Technologies. 2007. No. 7 (55). Pp. 80–81. (rus)
10. Tarasenko V.N., Degtev I.A., Chernysh N.D. Acoustic Comfort of a Multipurpose Hall Palace of Culture for University Students of BSTU named after V. G. Shukhov // Wschodnio Europejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal). 2016. No. 8. Pp. 132–135.
11. Kanev N.G. Maximum sound absorption by a monopole in a room at low frequencies [Maksimalnoye pogloshcheniye zvuka monopolem v pomeshchenii na nizkikh chastotakh]. Acoustic journal. 2020. Vol. 66. No. 3. Pp. 327–331. (rus)
12. Sun Fei, Guo Shuwei, Li Borui, Liu Yichao, He Sailing. An Acoustic Metamaterial Lens for Acoustic Point-to-Point Communication in Air. Acoustic journal. 2019. Vol. 65. No. 1. Pp. 1–6.
13. Bogatina A.Yu., Morgun V.N., Revyakin A.A. Architectural and construction acoustics: textbook [Arkhiturnaya i stroitel'naya akustika: uchebnoye posobiye]. Rostov-na-Donu: Rostov State University of Railway Transport. 2010. 220 p. (rus)
14. Kupriyanov V.N. Design of noise protection. Textbook [Proyektirovaniye zashchity ot shuma. Uchebnoye posobiye]. Kazan: KGASU. 2010. 112 p. (rus)
15. Bogolepov I.I. Architectural acoustics [Arkhiturnaya akustika]. Saint-Petersburg: Shipbuilding 2001. 220 p. (rus)
16. Physics of the environment and enclosing structures. Section "Acoustics", "Architectural phys-

ics" section "Architectural and construction acoustics", "Construction physics" section "Construction acoustics": laboratory workshop [Fizika sredy i ogra-zhdayushchikh konstruktsiy. Razdel «Akustika». «Arkhitekturnaya fizika» razdel «Arkhitekturno-stroitel'naya akustika». «Stroitel'naya fizika» razdel «Stroitel'naya akustika»: laboratornyy praktikum] [Elektronnyy resurs]. Sistem. trebovaniya: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.iprbookshop.ru/93879.html> (data obrashcheniya: 6.11.2020). (rus)

17. Krasil'nikov V.A. [Vvedenie v akustiku]. M.: MGU, 1992. 152 p. (rus)

18. Zatsepin A.F. Acoustic control [Akusticheskiiy kontrol] [Elektronnyy resurs]. Sistem. trebovaniya: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.iprbookshop.ru/68219.html> (data obrashcheniya: 20.11.2020). (rus)

19. Construction, reconstruction, and major repairs of capital construction projects. Regulatory

documents for construction materials and products. Production and application of building materials, products and structures. Heat-insulating, sound-insulating and sound-absorbing materials: collection of regulations and documents [Stroitelstvo, rekonstruktsiya, kapitalnyy remont ob'yektov kapitalnogo stroitelstva. Normativnyye dokumenty na stroitelnyye materialy i izdeliya. Proizvodstvo i primeneniye stroitelnykh materialov, izdeliy i konstruktsiy. Teploizolyatsionnyye, zvukoizolyatsionnyye i zvukopogloshchayushchiye materialy: sbornik normativnykh aktov i dokumentov] [Elektronnyy resurs]. Sistem. trebovaniya: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.iprbookshop.ru/30257.html> (data obrashcheniya: 8.11.2020). (rus)

20. Newell F. Sound recording: room acoustics [Zvukozapis': akustika pomeshchenij]. Moscow: Shou-Master. 2004. 182 p. (rus)

Information about the authors

Tarasenko, Viktoria N. PhD. Assistant Professor. E-mail: vell.30@mail.ru; tarasenko.vn@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Samoilova, Alina Yu. Magister Student. E-mail: alinka_1079@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Mosienko, Anna S. Magister Student. E-mail: alegezina@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 23.11.2020

Для цитирования:

Тарасенко В.Н., Самойлова А.Ю., Мосиенко А.С. Акустический комфорт помещения, как один из факторов формирования средового пространства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 65–73. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-65-73

For citation:

Tarasenko V.N., Samoylova A.Yu., Mosienko A.S. Acoustic comfort of the room as one of the formation factors of the environmental space. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 65–73. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-65-73

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-74-90

Цепилова О.П.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: tsepilova.art@gmail.com

АНАЛИЗ ОПЫТА ПОВТОРНОЙ АДАПТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Аннотация. В данной статье рассмотрены тенденции мировой и отечественной практики в сфере перепрофилирования заброшенных промышленных комплексов. Отображено важное значение индустриальных объектов в существующей исторической застройке города. Установлено немаловажное значение экономических, социальных и культурных аспектов рефункционализации промышленной архитектуры. С точки зрения типа вмешательства в существующую структуру адаптируемого объекта, изученные аналоги распределены на три группы: градообразующее архитектурно-пространственное значение модернизации проекта; влияние изменения фасада здания на историческую городскую структуру и функционально-планировочные решения внутренних пространств бывших промышленных комплексов. Проведено сравнение универсальных и индивидуальных подходов в концепции преобразования и адаптации объектов индустриального наследия, утративших первоначальное назначение. Установлено благоприятное влияние реализованных проектов на социальную и культурную жизнь городов. Осмысление накопленного опыта говорит о значимости разработки новых практических подходов и моделей преобразования к адаптации устаревшей индустриальной архитектуры с целью сохранения специфики места.

Ключевые слова: адаптивное повторное использование, реновация, рефункционализация, повторное перепрофилирование, промышленная архитектура, фабрика, завод.

Введение. В настоящее время историческое наследие больших городов выражается не только в архитектуре парадных дворцовых ансамблей, придворных особняков, культовых построек, площадей и музеев, но и в индустриальном зодчестве. Объекты промышленного наследия являются важной частью развития истории человечества, а также наглядным пособием эволюции технических возможностей в ходе исторических событий. Фабрики, заводы, цеха, газгольдеры, электростанции возводились для массового индустриального производства [1]. Архитектура этих зданий представляет собой уникальную материальную память, сохранившую в себе временные отпечатки и рассказывающую нам о важных периодах индустриального развития городов. В мировой практике стремление к сохранению исторической индустриальной архитектуры и преобразованию в новые пространства выражено в создании большого количества впечатляющих проектов адаптивного повторного использования промышленных комплексов.

В процессе адаптации исторических промышленных объектов, вышедших из употребления, немаловажным фактором является их значимость в общей структуре города. В соответствии с Федеральным законом от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 24.04.2020) "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" комплекс мероприятий, направленный на их приспособление к новым функциям, не должен влиять на их истори-

ческую ценность. В процессе перехода от индустриального к постиндустриальному обществу исторические промышленные комплексы и сооружения потеряли свое функциональное предназначение, в результате чего стали объектами, создающими нездоровую социальную атмосферу. В середине и конце XIX века они играли важную роль в экономической, социальной и культурной жизни общества, но технический прогресс вывел эти выдающиеся постройки «на обочину» истории наших городов [2]. Зачастую, промышленные комплексы строились с учетом многих градообразующих факторов, таких, как общее расположение относительно уже сложившегося исторического центра, легкодоступность подъездов к самим комплексам, возможность проживания рядом с объектом рабочей силы и другие. Если посмотреть на развитие промышленных комплексов с исторической точки зрения, то можно увидеть, как они вплетались в городскую канву, преобразовывая прилегающие территории и развивая новую инфраструктуру вокруг себя [3]. Аутентичность промышленной архитектуры заключается в уникальных масштабных пространствах, которые возводились, чтобы вмещать мощный технический процесс производства с соответствующим оборудованием и выдерживать тяжелые нагрузки. Это отразилось в планировочных решениях промышленных комплексов, толщине стен, высоте потолков и ферм перекрытия корпусов. Архитектурные особенности многих промышленных комплексов являлись новаторским достижением

определенного исторического отрезка и отражали технические возможности своего времени. В процессе перехода к индустриальному периоду многие заводы, фабрики, вокзалы становились атрибутом смелости архитектурной мысли. Они пришли на смену индивидуальному подходу в создании дворцовых комплексов и культовых сооружений.

Объемно-планировочные структуры многих комплексов были связаны со спецификой производства и технического оснащения определенной отрасли промышленности [4]. Несмотря на то, что индустриальная архитектура стремилась к более типовому подходу, как это было характерно для жилой застройки, именно конкретные технологии производства диктовали особое инженерное обеспечение каждого промышленного объекта. Определенный технологический процесс предъявлял особые требования к габаритам помещений, освещению, способам их вентиляции, температурным и влажностным режимам, техническому оснащению и санитарным нормам. Все это определяло характерные черты внутренних пространств промышленной архитектуры. Точкой отсчета в пространстве теперь уже являлся не человек, а именно техника, которая выполняла основную работу и требовала определенных условий существования. В связи с этим перед архитекторами и инженерами стояла непростая задача. Внутреннее пространство промышленных комплексов должно было учитывать габариты технического оснащения и быть готовым к их изменениям в процессе развития машинного обеспечения. Эти старые здания содержат огромное количество бесценной исторической информации, связанной с историей строительных технологий. Объекты промышленного наследия, которые устарели и не используются, все чаще воспринимаются как ресурс, который станет основой для развития общественной и культурной жизни в будущем. Обращение к мировому опыту в адаптации и восстановлении исторических постиндустриальных комплексов позволяет увидеть влияние таких проектов на социально-экономическое развитие территории, а также издержки перехода к рыночным отношениям [5].

Методика. В основу методологии легла система структурного анализа осуществлённых проектов повторного перепрофилирования промышленной архитектуры. Рефункционализация индустриальных зданий и сооружений под иные функции не является новым феноменом. В прошлом конструктивно надежные здания приспособлялись для соответствия новым нуждам и требованиям. Эти изменения проводились в праг-

матичных целях, без каких-либо намеков на сохранение исторического наследия. Основной подоплёкой являлась финансовая и функциональная выгода [6].

В настоящее время работа с заброшенными промышленными комплексами, их восстановление и повторное использование позволяет по-новому увидеть уже сложившуюся, сформировавшуюся городскую среду, улучшить культурную, социальную и экономическую сферы жизни общества. Адаптация промышленной архитектуры заключается в проработке внутренних пространств за счет использования различных железобетонных конструкций, что приводит к унификации архитектурной оболочки здания [7]. Современные тенденции адаптации индустриальной архитектуры для новых функций включают в себя массу различных понятий. Подходы к сохранению промышленной архитектуры очень разнообразны. «Адаптивное повторное использование» – общий термин, включающий в себя такие понятия, как «рефункционализация», «ревитализация», «реновация», «конверсия» и другие. Все это в той или иной степени связано с изменением первоначального функционального назначения старых зданий, сооружений и прилегающих территорий, имеющих историческую ценность, с современным использованием их под иные цели [8]. При этом, изменения не затрагивают внешний облик здания, сохраняя его как подлинный историко-культурный объект.

«Адаптивное повторное использование (adaptive reuse) – это процесс, который превращает неиспользуемый или неэффективный элемент в новый элемент, который можно использовать для другой цели» [9]. Возобновляя жизнь и получая новое предназначение, бывшие промышленные комплексы сохраняют свой архитектурный облик и передают характер времени и места, и при этом возрождают социальную и культурную жизнь, учитывая изменения технологий, спроса, потребностей и использования. Адаптивное повторное использование представляет собой развитие в обратном направлении: участок и здание определены заранее, а использование и восстановление остаются переменными. Уже существующая оболочка, взаимодействуя с потребителем и отвечая на его запросы, предлагает различные варианты сценариев рефункционализации. Согласно статье 44 Федерального закона "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации", работы, направленные на перепрофилирование объектов культурного наследия для современного использования не должны наносить ущерб его историко-художественной значимо-

сти. Сохранение индустриального наследия - деликатная и сложная задача, требующая междисциплинарного подхода, который затрагивает экономические, градостроительные, экологические, социальные и культурные аспекты. Мотивы преобразования, поддержания и повторного использования существующих промышленных комплексов заключаются не только в сохранении культурных и исторически значимых зданий, идентичности мест и «панорамы городов» в целом, но также в экономической и экологической выгоде для общества [10].

Основная часть. Существует множество проектов по созданию современных музейных пространств, арт-кластеров, бутиков и офисных центров на базе бывших промышленных фабрик и заводов. Одной из основных проблем в создании эффективной концепции повторного перепрофилирования, остается поиск и разработка уникального механизма, который способствует актуальному развитию пространства и своевременному расширению возможностей адаптируемого объекта [11]. Основным из направлений повышения эффективности концепции стало переосмысление предыдущего опыта и выбор будущего вектора развития исторических промышленных объектов.

Каждый из рассмотренных аналогов повторного использования фабрик и заводов отражает баланс между эстетическим использованием и сохранением исторической значимости индустриального объекта. По характеру адаптации архитектурно-планировочных и конструктивных решений большинство изученных успешных примеров перепрофилирования промышленной архитектуры можно условно разделить на 3 группы: 1 – объемно-пространственные решения всего комплекса с внедрением современных архитектурных принципов и его взаимосвязь с городской средой; 2 – архитектурно-художественный подход с элементами современной адаптации, реставрации и консервации фасадов зданий; 3 – функционально-планировочная реорганизация, которая затрагивает только интерьеры фабричных корпусов и заводов, учитывая статус сохранности объекта.

Проекты первой группы, такие как «Manufaktura» в г. Лодзь (рис. 1), Дизайн-квартал «Флакон» (рис. 3) и «Винзавод» (рис. 2) в Москве, а также «Новая Голландия» в Санкт-Петербурге, возродили потенциально неблагоприятные территории промышленных территорий и наполнили их новой социальной активностью, вдохнули в них новую жизнь, стали своеобразным кодом места. Переосмысление промышленных пространств для новых целей приводит к фи-

зическому вмешательству и зависит от исторической, памятной и социальной значимости объекта. Степень вмешательства в существующую структуру зависит от состояния конструктивных элементов адаптируемых промышленных объектов и позиции в отношении сохранения культурного наследия [12]. Исторические промышленные комплексы чаще всего обеспечены транспортными связями, различными ресурсами и имеют определенную градообразующую структуру. Таким образом, пространственная реорганизация промышленной архитектуры в музейные комплексы, деловые центры, зрелищные сооружения, библиотеки, образовательные учреждения, торговые комплексы и гостиницы является экономически привлекательной и целесообразной.

«Manufaktura» (г. Лодзь, Польша).

Одним из ярчайших примеров таких преобразований является проект ревитализации текстильных фабрик Израиля Познаньского и Карла Шейблера, превратившийся в многофункциональный торгово-развлекательный комплекс «Manufaktura» в Польском городе Лодзь. В конце XIX – начале XX веков этот комплекс считался одним из самых крупных в Европе, и когда в 1992 году фабрика закрылась, по сути, вымер целый квартал. Многие не верили в успех проекта по возрождению этого места. Но уже в 2006 году на территории бывшего текстильного комплекса, который включал в себя ткацкую фабрику, отделочный цех, электростанцию и здание пожарной части, открылся культурно-развлекательный центр «Manufaktura» (рис. 1а).

Союз архитекторов из бюро «Virgile&Stone» и «Sud Architectes» создал поразительный проект ревитализации, который стал одним из любимых мест для отдыха жителей города Лодзь. В структуру «Manufaktura» входит более 250 магазинов, отель, музеи, центр науки и лаборатории, планетарий, театр звука, 3D-кинотеатр, а также открытая площадь для проведения различных спортивных и художественных мероприятий. С 2017 года это место официально называется Rynek Włókniarek ódzkie [13]. Возрождение этого постиндустриального пространства является удачным сочетанием истории и современности. Бывшие фабричные здания были тщательно отремонтированы с сохранением характерных элементов промышленной архитектуры. Восстановлены монументальные ворота на ул. Ogrodowa, которые являются визитной карточкой «Manufaktura», башни лестничных маршей, а исторические кирпичные фасады интересным образом контрастируют со стеклянным фасадом входа в главное здание торгового центра (рис. 1б). В интерьерах

самого большого ткацкого корпуса, приспособленного под дизайн-отель, удачным образом соединены исторические детали с современными элементами. На первом этаже сохранились своды Монье и металлические балки, но при этом в центральной части отеля был создан атриум с мягкой цветной подсветкой [14]. Архитекторы не упустили возможность использовать большие пространства фабричных помещений. Например, до-

вольно большой зал для танцев можно превратить в камерный, передвинув перегородки. Номера дизайн-отеля размещены там, где раньше стояли ткацкие станки. «Manufaktura» является отличным примером ревитализации постиндустриальной архитектуры, соединяя в себе бережное сохранение истории места и современный подход к функциональному использованию промышленных корпусов.

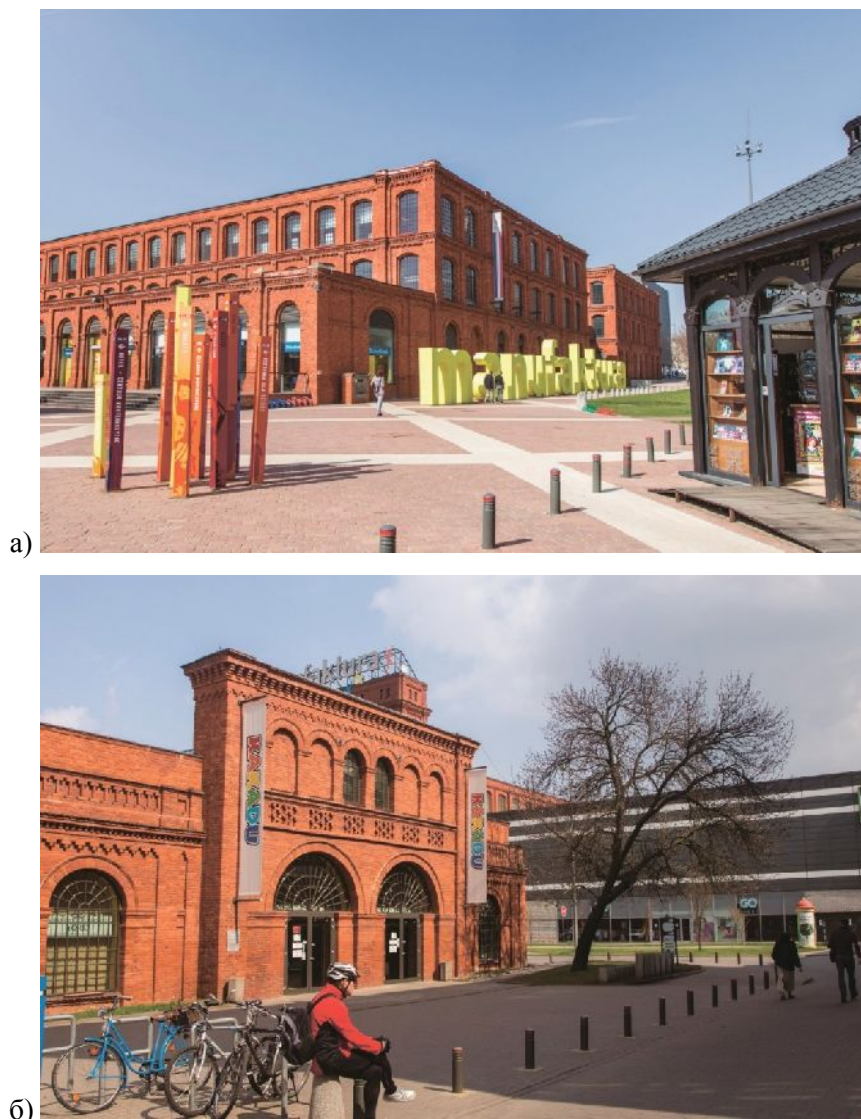


Рис. 1. Ревитализация «Manufaktura», г. Лодзь, Польша [13]

В России адаптивное повторное использование бывших промышленных комплексов только набирает обороты. У многих городов в нашей стране есть огромный потенциал для создания интересных проектов перепрофилирования. Многие объекты находятся в заброшенном, убыточном состоянии в ожидании своих потенциальных инвесторов, при этом очевидно, что их влияние на прилегающую территорию может быть очень положительным. Из удачных российских примеров ревитализации можно сказать о таких

проектах как дизайн-квартал «Флакон», «Винзавод» в Москве и «Новая Голландия» в Санкт-Петербурге.

«Винзавод» и «Флакон» (г. Москва, Россия).

Как и зарубежные примеры повторной адаптации, Дизайн-квартал «Флакон» и центр современного искусства «Винзавод» представляют собой креативные кластеры, которые переросли в целые районы, благодаря постоянному взаимодействию с посетителями и созданию живой творческой атмосферы.

Центр современного искусства «Винзавод» (рис. 2 а, б) является одним из первых российских проектов адаптации и самым большим в частном секторе центром современного искусства. Он расположен на территории бывшего московского комбината виноградных и десертных вин – пивоваренного завода «Московская Бавария». Зарождение фабрики начинается в начале XIX века, и уже в 1840-х годах это фабрика была второй по величине в Москве. История предприятия весьма плодотворна, и в советское время комбинат лишь расширил ассортимент выпускаемых вин. Но в конце XX века комбинат закрыл свое производство, и в 2007 году на территории завода открылся Центр современного искусства «Винзавод». По замыслу архитектора А. Бродского этот

лофт-проект представляет собой комплекс из семи промышленных корпусов конца XIX века. В четырех из них располагаются главные выставочные пространства, которые сохранили традиционное историческое название винного комбината: «Цех красного», «Цех белого», «Бродильный цех» и «Большое винохранилище» [15]. На территории «Винзавода» собраны все направления современной культуры. В одном пространстве для широкой аудитории существуют творческие мастерские и различные арт-пространства, на территории которых проводятся художественные мастер-классы, образовательные программы и различные мероприятия.

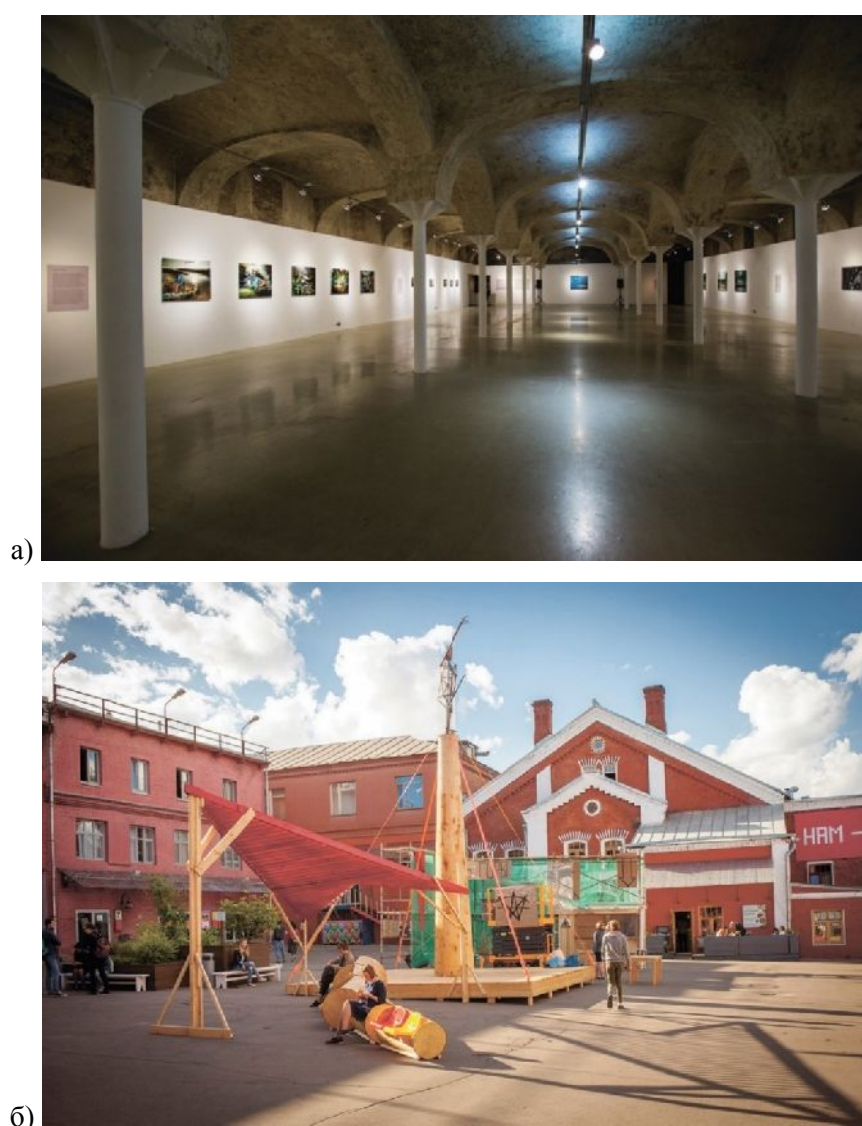


Рис. 2. Центр современного искусства «Винзавод», г. Москва, Россия [15, 17]

Дизайн-квартал «Флакон» (рис. 3 а) также является отличным примером повторного адаптирования столичной промышленной архитектуры. На протяжении 150 лет бывший хрустальный завод имени Калинина производил флаконы

для духов, а с 2009 года стал творческой площадкой для креативной индустрии в Москве [16]. В процессе адаптации были сохранены исторический облик зданий из красного кирпича и симво-

личное название. Это уникальное место, на территории которого идеально сосуществуют выставочный центр, коворкинг-зона, дизайн-студии, архитектурные бюро, рекламные агентства и арт-кафе. Так же комплекс включает в себя три специализированных площадки для проведения мероприятий: «The Cube», двухуровневое про-

странство со сценой «Кафедра» и третья площадка, которая используется для небольших мероприятий.

Собрав в себе различные направления современного искусства и культуры в одном пространстве, эти площадки, открытые для широкой аудитории, поддерживают актуальное российское искусство и создают комфортную среду для его развития (рис. 3 б).

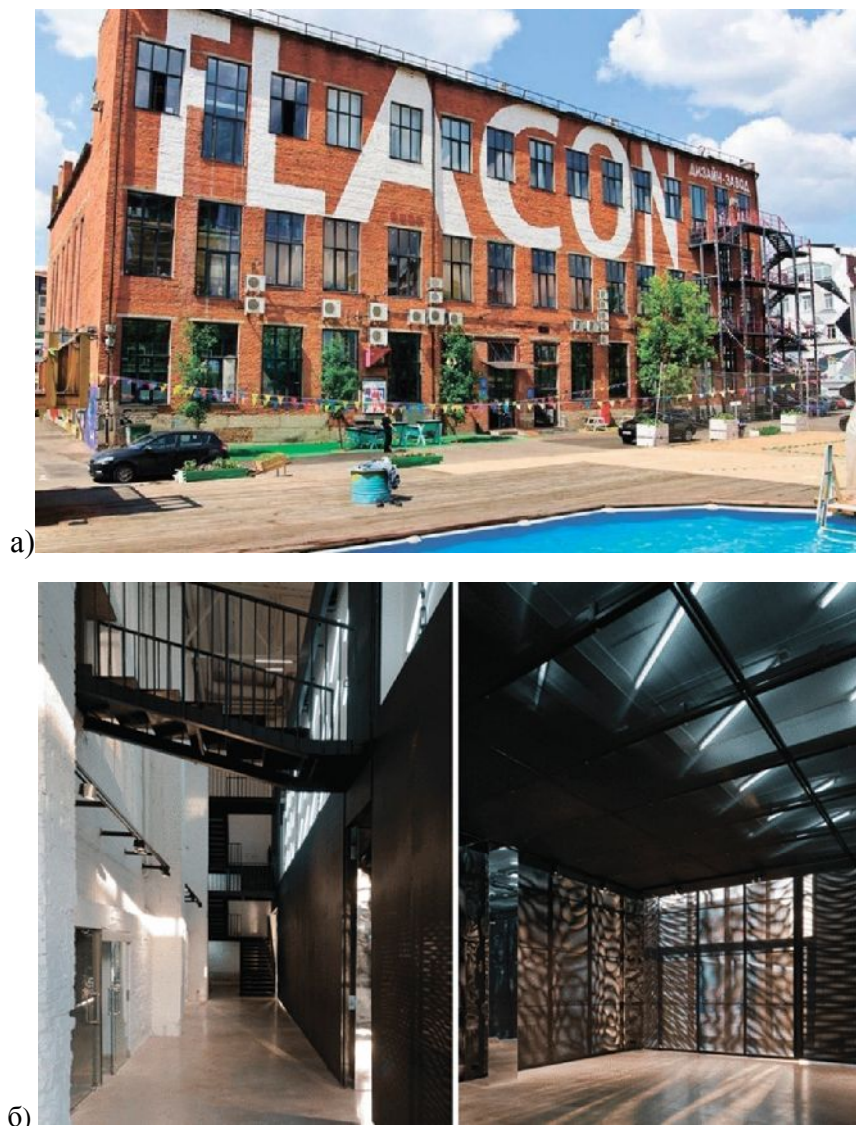


Рис. 3. Дизайн-квартал «Флаконт», г. Москва, Россия:
а) пресс-служба дизайн-завода «Флаконт»; б) Иванов И. [16]

Ко второй группе объектов адаптивного повторного использования относятся работы с решением фронтальной композиции промышленной архитектуры. Такие проекты представляют собой связующее звено между историческим районом и современным подходом к решению фасада, утратившего свой облик. Они экономически привлекательны для редевелопмента, а также пользуются популярностью среди современных музеев и коворкинг-пространств. Использование

существующего объекта позволяет избежать проблем с поиском нового места для возведения здания, затрат на новое строительство, эффективно снижает количество новых материалов, используемых во время строительства, что несет экономическую, экологическую и социальную пользу. Здание уже содержит в себе воплощенную энергию. Моделирование процессов современной адаптации положительным образом отражается на экономической и социальной жизни города.

Яркими примерами являются Музей современного искусства «Moderna museet» в Стокгольме (рис. 4), «Верфь 1862» в Шанхае (рис. 5), отель

«Wythe» в Нью-Йорке, скалолазный зал «Allez UP» в Монреале, «Даниловская мануфактура 1867» (рис. 6) и «Красная Роза 1875» в Москве.

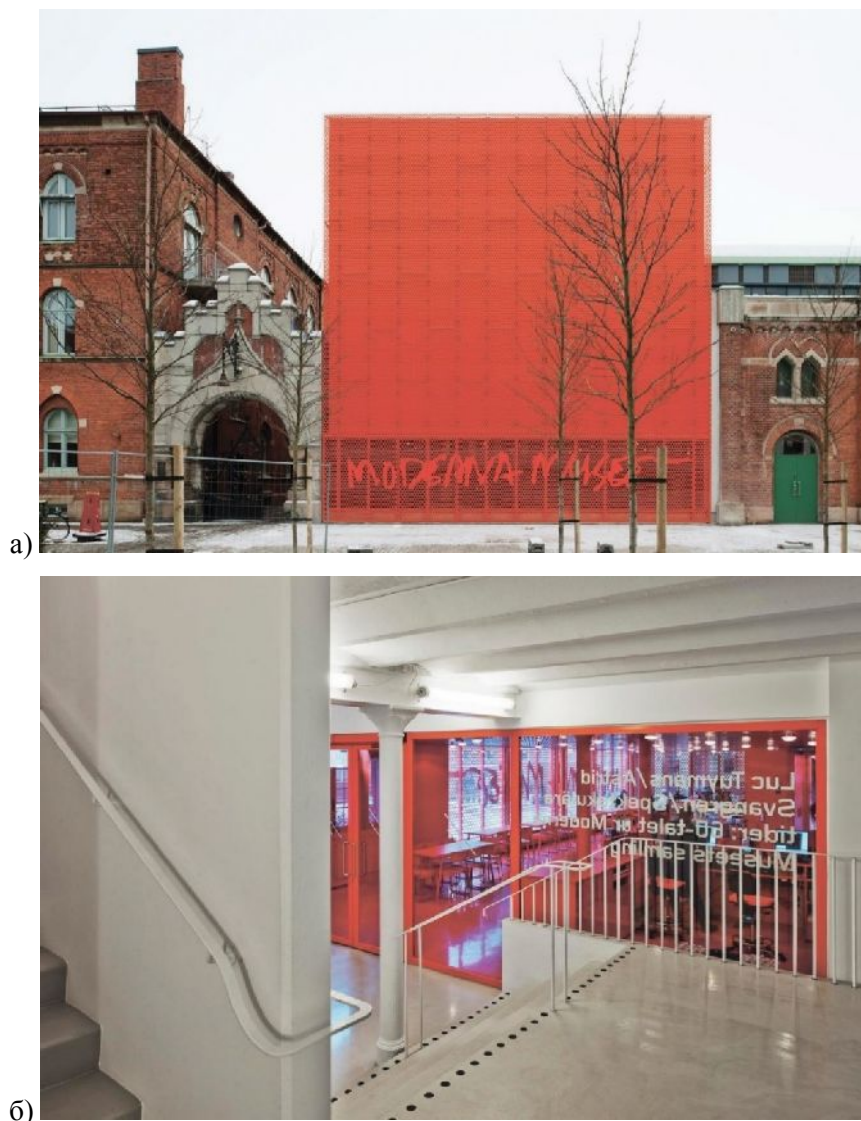


Рис. 4. Музей современного искусства «Moderna museet», г.Стокгольм, Швеция (Фото: Ake E:son Lindman) [19]
«Moderna museet» (г. Мальмё, Швеция)

На территории заброшенных построек бывшей электростанции, недалеко от центрального вокзала города Мальмё, расположился филиал знаменитого Музея современного искусства Стокгольма «Moderna museet». Уникальная индустриальная архитектура бывшего машинного зала с полуцилиндрическим сводом и нарядными торцевыми фасадами, построенного в 1901 г., стала идеальным местом для демонстрации искусства великих художников [18].

Проект музея был разработан архитекторами стокгольмского бюро «Tham & Videgård», которые знамениты своим нестандартным подходом в решении архитектурных задач. Изюминкой «Moderna museet» в Мальмё стала оригинальная оболочка, которая представляет собой лаконичный оранжевый куб с перфорацией, вписанный между старинными зданиями электростанции,

построенными в стиле неоренессанса (рис. 4 а). Адаптация пространства закончилась в 2009 году и существенно не повлияла на внутреннюю структуру помещений, их лишь объединили с помощью новых частей. Просторный выставочный зал, расположенный в бывшем машинном корпусе, стал главным украшением внутренних пространств музея. Здесь выставлены коллекции выдающихся скульпторов, фотографов и художников XX и XXI веков. В коллекцию музея входят шедевры величайших художников, таких, как В. Кандинский, А. Матисс, С. Дали, П. Пикассо и другие. В ярком кубе, ставшем символом нового музея, расположены кафе и магазин. Несмотря на то, что «Moderna museet» в Мальмё является филиалом столичного музея в Стокгольме, их выставочная политика является полностью независимой [19]. В просторных залах музея проходят

выставки от классического модернизма до экспериментальных работ современных художников. Также, помимо выставочной деятельности, музей проводит образовательные программы, направ-

ленные на знакомство жителей региона с современным искусством (рис. 4 б). Замысел музея в объединении XX и XXI вв. отразился не только в экспозициях, но и в самой архитектуре музея.



Рис. 5. «Верфь 1862», г. Шанхай, Китай (Фото: а) Julien Lanoo; б) Erieta Attali) [20]

«Верфь 1862» (г. Шанхай, Китай).

Еще один проект рефункционализации бывшего промышленного комплекса разработала компания Кенго Кума в 2018 году. Архитекторы превратили шанхайскую верфь на берегу реки Хуанпу в многофункциональный комплекс, который получил название «Верфь 1862» (рис. 5 а). Сюда вошли выставочный зал с театром и коммерческими помещениями. В процессе повторной адаптации была сохранена структурная целостность здания с огромными внутренними пространствами, в которых когда-то размещались крупномасштабные суда, и добавлены новые архитектурные решения в процессе восстановления фасада верфи [20]. Чтобы сохранить целостность здания, на северном фасаде была восстановлена оригинальная кирпичная кладка, южный фасад

был полностью разрушен, а восстановленный западный фасад был покрыт перфорированным кирпичом. Кенго Кума разработал пиксельную градиентную кирпичную систему, которая соединяет север и юг, отражая уникальный восстановленный выветренный кирпич и является напоминанием о том, чего уже не существует. Большие глиняные кирпичи с градацией красного цвета, подвешенные на стальных тросах, постепенно теряют свою проницаемость к прозрачному южному фасаду. В этом проекте большое значение уделяется именно материальности, как способу передачи информации и исторической значимости места (рис. 5 б). В интерьере используется пустое пространство, чтобы подчеркнуть вертикальность и монументальность сооружения. Внутреннее пространство бывшей верфи

представляет собой пятиэтажный атриум с востока на запад, соединяющий два меньших атриума с севера на юг, которые служат связующим звеном между городом и набережной Хуанпу. Этот подход усугубляет сомасштабность между человеком и монументальным зданием верфи. Внутри сохранены оригинальные колонны и балки, и представлены как ядро пространства, а сохранившиеся воздуховоды интегрированы в общую инфраструктуру здания. В этом проекте используются промышленные материалы, такие, как панели из оксидированной стали, пенобетон и сетка из нержавеющей стали, которые создают диалог с исторической структурой верфи [21].

Автор акцентирует внимание на том, что каждое здание имеет свою уникальную структуру, которая его определяет, и проводит параллель между повторным раскрытием материальности здания и адаптивным использованием бывшей промышленной архитектуры. Этот проект является синтезом современного подхода к сохранению исторической значимости места и отражает одну из главных идей архитектора Кенго Кума, которая заключается в том, что каждая архитектура имеет свою уникальную структуру, которая ее идентифицирует. **«Даниловская мануфактура 1867» (г. Москва, Россия).**

Один из самых интересных отечественных проектов повторного использования заброшенных комплексов фабричной архитектуры можно увидеть в Москве.

«Даниловская мануфактура 1867» – проект, который бережно соединил историю места и новую жизнь. История Даниловской мануфактуры насыщена различными событиями, свойственным многим мануфактурам нашей страны (рис. 6 а). От зарождения предприятия, взлета и развития производства в индустриальный период и до кризисных моментов во время национализации. Эта мануфактура представляет собой интересный пример перестройки спустя годы запустения. В 2006 году девелоперская компания «KR Properties» вместе с архитекторами мастерской «Сити-Арх» в рамках московской программы реорганизации промышленных территорий реконструировала старые цеха под новые офисы делового квартала в лофт-стиле. Классический вид цехов времен «промышленной революции» был сохранен архитекторами, а также восстановлены проемы и разбивка стен, которые соединили корпуса современными стеклянными переходами. Фасады зданий были тщательно отреставрированы, но при этом доработаны стеклянными коробами с лестницами и металличе-

скими деталями. Сегодня «Даниловская мануфактура» представляет собой успешный бизнес-квартал с апартаментами и отлично развитой инфраструктурой, которая свойственна многим фабричным комплексам, построенным в XIX веке. На территории современной мануфактуры расположились кафе, магазины, модное заведение Mary Jane, салон красоты и первый в Москве лофт-отель Azimut. Основной дизайнерской идеей было создание расширенной пешеходной зоны и улучшения качества среды, в результате чего появилась открытая галерея с шоурумами за сплошным витражным остеклением. Несущие конструкции мануфактуры были сохранены, демонтированы лишь внутренние перегородки и кровля, взамен возведены новые перекрытия и мансардный этаж. Стальные массивные двутавры являются ключевым дизайнерским элементом, прошедшим через весь проект [22]. Их роль в процессе реставрации здания в стилистической поддержке оказалась не менее важна, как роль несущего элемента. Двутавровая балка стала символом проекта, тем самым напоминая об исторической принадлежности здания к промышленной архитектуре (рис. 6 б). Это место стало дружелюбной творческой платформой для различных медиакомпаний и арт-студий.

Третья группа проектов основывается на взаимосвязи между дизайном и адаптивностью пространства с преимущественным восприятием изнутри. Они сочетают в себе сохранение исторической структуры фасада и современные элементы в решении адаптации интерьеров. Здесь промышленная архитектура выступает как подлинный источник информации о развитии культуры и социума. Такой подход применим в случае работы с объектами культурного наследия, что приводит к определенным ограничениям в выборе функционального назначения бывших фабрик и заводов. Но в то же время это позволяет сохранить аутентичность места и не разрушать взаимосвязь с окружающей средой. Просторные интерьеры бывших промышленных корпусов и складских помещений становятся новым домом для творческих мастерских, спортивных и образовательных центров. К таким проектам можно отнести отель «Whitworth Locke» на территории бывшей хлопковой фабрики в Манчестере, коворкинг-пространство вместо заброшенного склада в Барселоне, многофункциональный офис в цехе бывшего машиностроительного завода Burckhardt в Базеле (рис. 7), офисы компаний «Boti'n Foundation» в Мадриде и «Hayden Place» в Калвер Сити (рис. 8), а также «Севкабель» Порт (рис. 9) в Санкт-Петербурге.

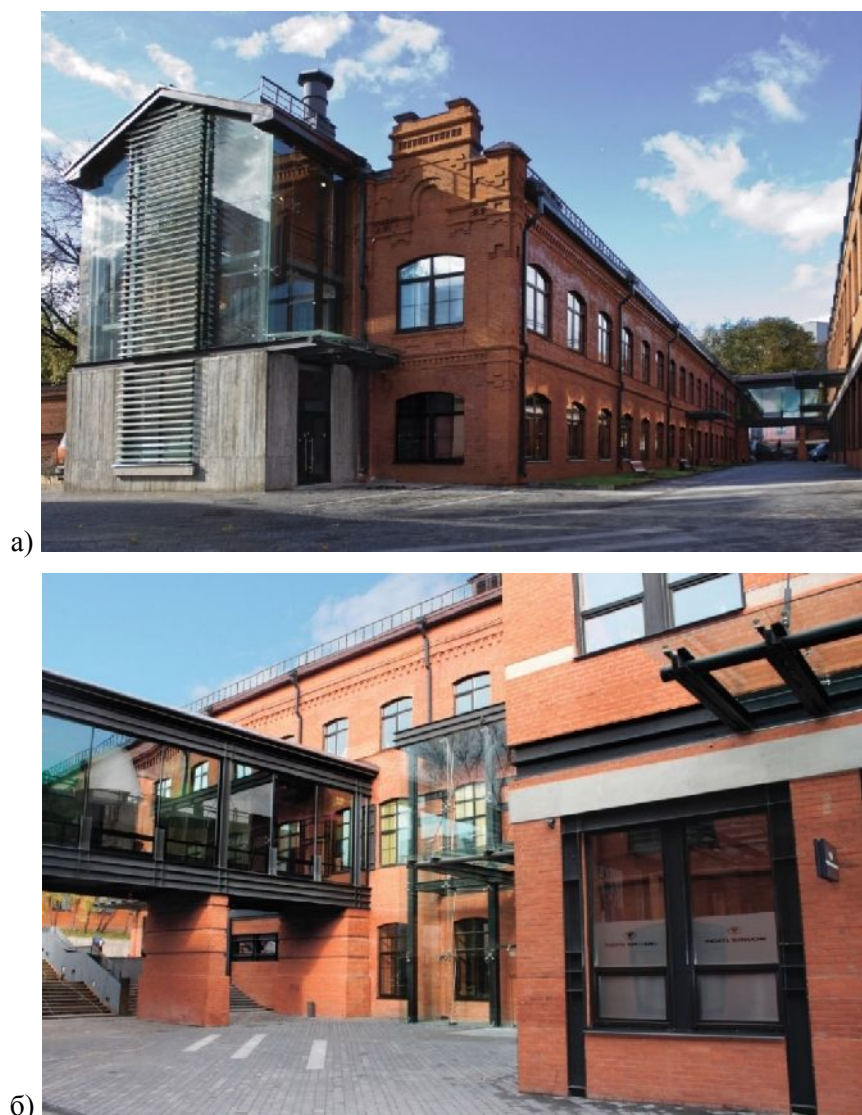


Рис. 6. «Даниловская мануфактура 1867», г. Москва, Россия (Фото: © Сити-Арх) [22]

Говоря об адаптивном использовании промышленных комплексов, нельзя не сказать об архитектуре Англии, так как она является родоначальником промышленной революции.

«The Forge Offices» – проект архитектурной студии «Emrys Architects» – представляет собой современное вмешательство в историческую атмосферу бывшего металлургического завода «Millwall», построенного в XIX веке в период расцвета судостроительного производства в Англии (рис. 7 а). В 2017 году здесь разместились выставочное пространство «Craft Central» и новая штаб-квартира благотворительной организации, которая занимается продвижением мастеров в области ремесел и предоставляет для них доступные студийные помещения. Главной идеей этого дизайн-проекта было возвращение производства на остров «Собачий», который исторически был связан с производственной отраслью. Доминантой современной адаптации бывшего за-

вода является отдельно стоящая двухэтажная модульная деревянная конструкция, которую можно адаптировать для различных размеров студий, максимально наполненных естественным освещением (рис. 7 б). Она не касается оригинального здания, тем самым сохраняет его историческую ценность и целостность, что позволяет одновременно сосуществовать прошлому и настоящему в одном пространстве. Использование березовой фанеры и оцинкованной стали как части палитры промышленных материалов дополняет исторический язык бывшего металлургического завода. В структуру входит ряд автономных студий для творческих профессионалов, которые хотят иногда где-то работать, а не присутствовать в офисе полный рабочий день. Одновременно с творческими предприятиями, реализуются общественные программы ремесленных мастерских, а в конференц-залах проводятся различные выставки и мероприятия.

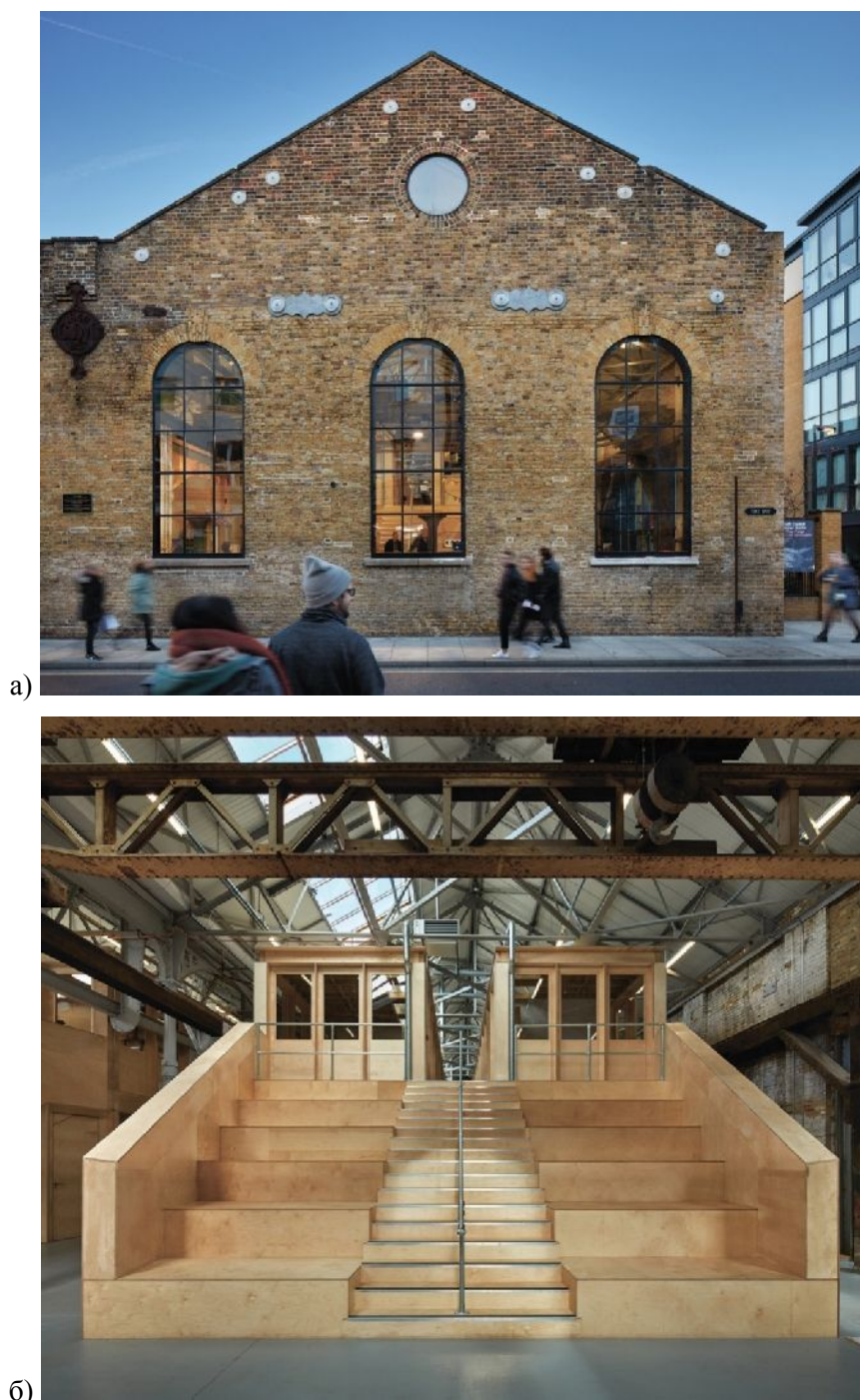


Рис. 7. «The Forge Offices», г. Лондон, Великобритания (Фото: Алан Уильямс) [23]

Расширяя используемое пространство за счет больших исторических окон и позволяя ему «общаться» с прохожими, «Craft Central» сделал его центром внимания местного сообщества [23]. Новое наполнение возрождает историю промышленной архитектуры, подчеркивая наследие и характер главного здания, и возвращает его к жизни в современном использовании.

Офис «Hayden Place» (г. Калвер Сити, Калифорния).

«Без барьеров стен или кабинок творчество и сотрудничество свободно текут через Хайден Плейс», – сказала младший директор Вероника

Стерлинг [25]. Рабочая среда «Hayden Place» приветствует социальное взаимодействие и способствует развитию творческой энергии, необходимой для достижения целей Cuningham Group. В «Hayden Place» также предусмотрены зона галереи на открытой площадке для обмена творческими идеями с клиентами.

Деревянная конструкция, расположенная в виде ламелей и существующая как тематический намек на близлежащую пригородную линию «Ехро Rail», представляет собой скульптурный туннель, в котором расположены конференц-

залы, и создает визуальную связь между стеклянными фасадами в передней и задней части офиса (рис. 8 а, б).

Для многих сотрудников поездки на работу также являются экологически чистыми, так как они добираются на работу на велосипеде. «Мы находимся недалеко от велосипедной дорожки Баллона-Крик и остановок Expo Light Rail, поэтому Hayden Place позволяет сотрудникам легко

воспользоваться альтернативными вариантами транспорта», – сказал Стерлинг. «Многие из нас ездят на велосипедах или добираются до работы общественным транспортом. Близость к этим возможностям позволяет легко вести экологически чистый образ жизни в офисе и за его пределами» [26].



а)



б)

Рис. 8. «Hayden Place», г. Калвер Сити, Калифорния (Фото: Cuningham Group): а) открытый план этажа; б) рабочие станции и галерея [26]

«Севкабель» Порт (г. Санкт-Петербург, Россия).

Проект адаптации заводских корпусов «Севкабель» порта охватывает огромную территорию бывшего кабельного завода на Васильевском острове в г. Санкт-Петербурге. Здесь в 2017 году началась реконструкция зданий, которая тщательным образом сохраняет историческую ценность промышленной архитектуры (рис. 9 а). Когда речь идет об объектах культурного наследия, для их современного использования стоит пом-

нить об их статусе сохранности, который во многом ограничивает возможности архитекторов и инвесторов.

Мануфактура немецкой компании «Siemens & Halske» была построена в 1879 году. Основная деятельность заключалась в строительстве телеграфных линий, освещении электричеством улиц города, дворцов, пассажей и театров. После национализации в 1918 году мануфактура была переименована в «Северный кабельный завод», а затем и в «Севкабель». Деятельность завода была направлена на электрификацию отечественных

городов и сыграла одну из важнейших ролей в истории советской индустриализации. В 2001 году здание заводоуправления, а также котельная

с трубой и ворота были включены в список вновь выявленных объектов культурного наследия [27].

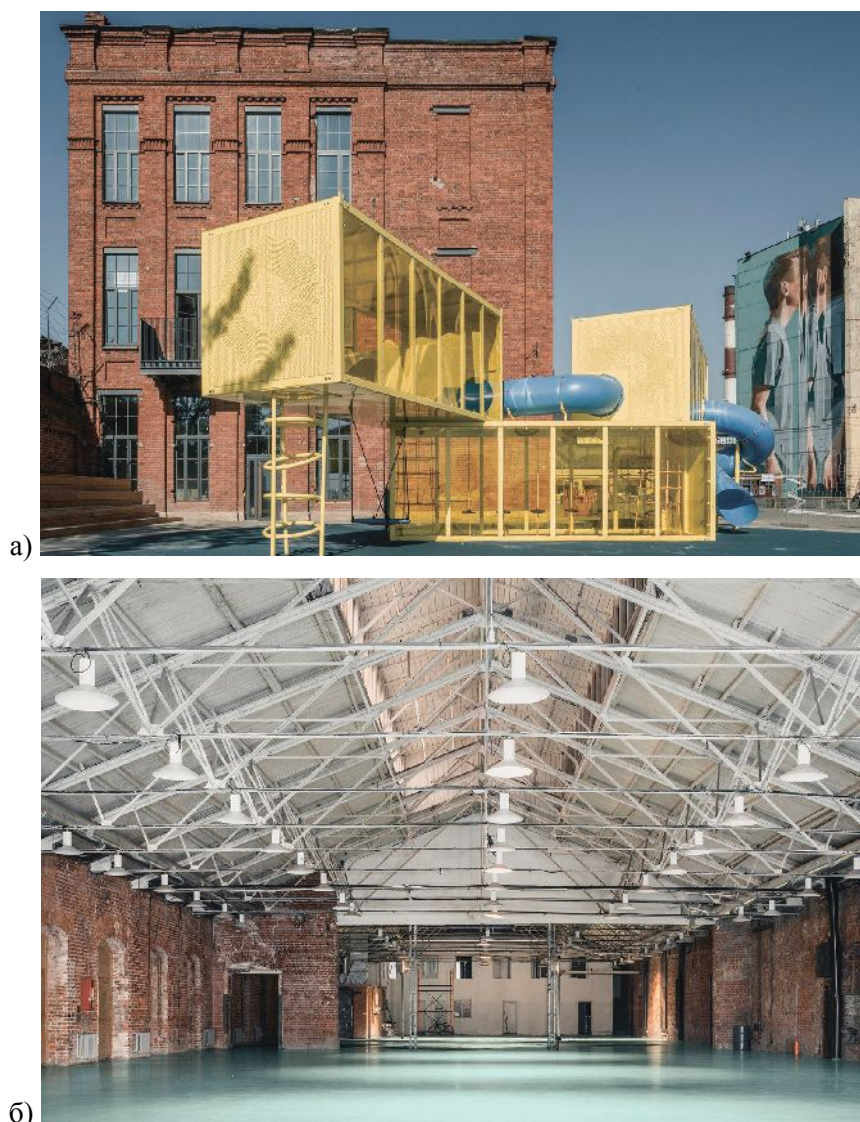


Рис. 9. «Севкабель» Порт, г. Санкт-Петербург, Россия (Фото: Архитектурное бюро «Хвоя»)

До недавнего времени промышленная территория была закрыта для простых посетителей, но теперь порт «Севкабель» стал культурно-деловым пространством и одним из любимых мест гостей и жителей г. Санкт-Петербурга. Особенностью адаптируемой территории является модернизация завода, на участке которого можно увидеть наложение исторических промышленных корпусов разных стилей. Здесь можно увидеть дореволюционные краснокирпичные здания, соседствующие с огромным бетонным корпусом советского периода. Архитектурные решения разрабатывало петербургское бюро «Хвоя», которое старалось радикально не вмешиваться в существующие пространства, чтобы не нарушать характер места и сохранить как можно больше исторических артефактов (рис. 9 б). Смелый ход предприняли современные художники в рамках

фестиваля «Present Perfect», оформив муралами стены цеха, тем самым оживив атмосферу порта [28]. В помещениях сохранены некоторые станки и кабельные катушки, которые являются своеобразной памятью места. Благоустройство территории завода еще продолжается, но уже сейчас в заводских корпусах «Севкабель» порта проводятся различные мероприятия, выставки, фестивали и концерты.

Выводы.

1. Проекты повторного использования и рефункционализации бывших промышленных зданий оживляют не только их внутреннюю структуру, но и прилегающую территорию. Многие из этих проектов восстанавливают специфику места, элементы первоначальной структуры, а также возрождают интерес к богатому историческому прошлому района. В некоторых случаях

существующие материалы переработаны и включены в реконструкцию, что позволяет сэкономить деньги и одновременно сохранить исторические элементы. Возрождение и обновление заброшенной промышленной архитектуры с новым функциональным наполнением приносят обществу больше рабочих мест, новые творческие пространства, офисы, магазины и рестораны. Такие объекты могут стать как своеобразными достопримечательностями, знаковыми местами, привлекательными для туристов и местных жителей, так и многоцелевыми комплексами, повышающими удобство проживания в своем районе.

2. Отечественный и зарубежный опыт репрофилирования заброшенных промышленных объектов показывает необходимость в адаптации такой архитектуры к современным нуждам и потребностям общества. Многообразие объемно-планировочных решений показывают творческую многогранность и целесообразность повторного использования старых зданий. Изучение накопленного опыта направлено на поиск новых решений повторного использования и разработку методики рефункционализации устаревших промышленных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гвоздецкий В.Л. Индустриальное развитие Российской Империи (1861–1917 гг.) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.portal-slovo.ru/impressionism/36299.php> (дата обращения: 10.04.2020).
2. Туган-Барановский М.И. Русская фабрика в прошлом и настоящем. Историко-экономическое исследование. Т. I. Историческое развитие русской фабрики в XIX веке. СПб.: Изд. О. Н. Поповой, 1900. 561 с.
3. Зильберт А.Э. Планировка промышленной территории // Проблемы архитектуры: Сборник материалов. 1936. Т.1, № 2. С. 7–38.
4. Антипов И., Варгазин Б. Проблема детали в архитектуре промышленного ансамбля // Проблемы архитектуры: Сборник материалов. 1936. Т.1, № 2. С. 111–128.
5. Бабенко Г.В. Социально-экономические реалии и перспективы развития исторических центров российских городов и методическое обеспечение решения данной задачи // Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов. 2013. № 9. С. 241–245.
6. Чадович А.А. Сохранение или снос? Компромисс! [Электронный ресурс]. URL: <https://marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/chadovich/chadovich.pdf> (дата обращения: 23.08.2020).
7. Шейн В.В. Направления трансформации реконструируемых промышленных зданий на примере объектов Южного федерального округа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 62–67.
8. University of Washington. «Adaptive Reuse Principles», South Lake Union Background and Draft Options for Urban Center Plan. [Электронный ресурс]. URL: <http://courses.washington.edu/wcstudio/SLU/7-AdaptiveReuseSection.pdf> (дата обращения: 07.11.2019).
9. Gause J.A., Hoch B.M., Macomber J.D., Rose J.F.P. New Uses for Obsolete Buildings. Urban Land Institute. Washington, DC: Urban Land Institute, 1996. 178 p.
10. Kostic A., Kekovic A., Stankovic D., Turnsek B., Tanic M. Adaptive reuse of industrial heritage-case of the textile factory “Kosta Stamenkovic” in Serbia // Architecture. Construction. Education. 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/325444641_Adaptive_reuse_of_industrial_heritage-case_of_the_textile_factory_Kosta_Stamenkovic_in_Serbia (дата обращения: 28.11.2019).
11. Золотых М.А. Реновация промышленных зон в современных условиях города // StudArctic forum. 2017. № 2 (6). [Электронный ресурс]. URL: <http://saf.petrstu.ru/journal/article.php?id=1183> (дата обращения: 23.08.2020).
12. Bloszies C. Foreword by Hugh Hardy. Old Buildings, New Design. Architectural transformations. Princeton Architectural Press. New York. 2012. 247 p.
13. Официальный сайт «Мануфактура». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.manufaktura.com/site/479/powstanie-manufaktury/rewitalizacja> (дата обращения: 13.01.2019).
14. Цимер А. Фабрики Лодзи: вчера и сегодня. [Электронный ресурс]. URL: <https://culture.pl/ru/article/fabryki-lodzi-vchera-i-segodnya> (дата обращения: 15.01.2019).
15. Официальный сайт «Винзавод». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.winzavod.ru/residents/places/> (дата обращения: 23.04.2019).
16. Официальный сайт «Флакон». [Электронный ресурс]. URL: <https://flacon.ru/> (дата обращения: 29.04.2019).
17. Официальный сайт «Винзавод». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.winzavod.ru/news/novye-molodye-v-novoy-teryakovke-dar-vinzavoda/> (дата обращения: 23.04.2019).
18. Официальный сайт «Moderna Museet Malmo». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.modernamuseet.se/malmo/en/category/moderna-museet-malmo-2/> (дата обращения: 17.04.2020).

19. Archdaily: Moderna Museet Malmö - Tham & Videgard Arkitekter. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/55428/moderna-museet-malmo-tham-videgard-arkitekter> (дата обращения: 17.04.2020).

20. Architonic: Project by Kengo Kuma «Shipyard 1862». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.architonic.com/en/project/kengo-kuma-shipyard-1862/5106177> (дата обращения: 21.04.2020).

21. Leardi L. Kengo Kuma transforms Shanghai Shipyard into multi-use complex. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/889132/kengo-kuma-transforms-shanghai-shipyard-into-multi-use-complex> (дата обращения: 21.04.2020).

22. Archi.ru: Реконструкция фабрики «Даниловская мануфактура» под деловой центр LOFT (корпус «Мещерина»). [Электронный ресурс]. URL: <https://archi.ru/projects/russia/8979/rekonstrukciya-fabriki-danilovskaya-manufaktura-pod-delovoi-centr-loft-korpus-mesherina> (дата обращения: 23.04.2019).

23. Archdaily: The Forge Offices and Exhibition Space - Emrys Architects. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.archdaily.com/922922/the-forge-](https://www.archdaily.com/922922/the-forge-offices-and-exhibition-space-emrys-architects)

offices-and-exhibition-space-emrys-architects (дата обращения: 23.04.2020).

24. Официальный сайт «Cunningham group». Office Conversion, LEED Gold Pending. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cunningham.com/portfolio/8665-hayden-place/> (дата обращения: 19.10.2020).

25. Feichtner A.D. Hayden Place Makes Culver City Greener. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.workdesign.com/2013/06/hayden-place-makes-culver-city-greener/> (дата обращения: 19.10.2020).

26. Meinhold B. Hayden Place is a Sustainable Office for the Cunningham Group in Culver City. [Электронный ресурс]. URL: <https://inhabitat.com/hayden-place-is-a-sustainable-office-for-the-cunningham-group-in-culver-city/> (дата обращения: 25.10.2020).

27. Citywalls: Кабельный завод АО «Си-менс и Гальске». Завод «Севкабель». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.citywalls.ru/house12377.html> (дата обращения: 09.09.2020).

28. Иорданов С. «Порт Севкабель»: Новая жизнь после открытия. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.the-village.ru/city/city-guide/326053-port-sevkabel-2-0> (дата обращения: 19.10.2020).

Информация об авторах

Цепилова Ольга Павловна, аспирант кафедры архитектурного проектирования. E-mail: tsepilova.art@gmail.com. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, д. 4.

Поступила 09.11.2020 г.

© Цепилова О.П., 2020

Tsepilova O.P.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: tsepilova.art@gmail.com

ANALYSIS OF THE EXPERIENCE OF RE-ADAPTATION OF INDUSTRIAL ARCHITECTURE

Abstract. This article examines the trends of world and domestic practice in the field of repurposing abandoned industrial complexes. The importance of industrial objects in the existing historical development of the city is displayed. The important importance of economic, social and cultural problems of industrial architecture re-functionalization is established. The studied analogues are divided into three groups by the type of intervention in the existing variable of the adaptable object: the city-forming architectural and spatial significance of the project modernization; the impact of changes in the facade of the building on the historical urban environment and functional planning solutions of the interior spaces of the former industrial complexes. A comparison of universal and individual approaches to the transformation and adaptation of industrial heritage objects that have lost their original purpose is carried out. The favorable influence of the implemented projects on the social and cultural life of cities has been established. Understanding the accumulated experience shows the importance of developing new practical approaches and transformation models to adapt outdated industrial architecture in order to preserve the specifics of the place.

Keywords: re-adaptation, renovation, re-functionalization, repurposing, industrial architecture, factory, plant.

REFERENCES

1. Gvozdetkiy V.L. Industrial development of the Russian Empire (1861-1917) [Industrial'noye razvitiye Rossiyskoy Imperii (1861-1917 gg.)]. Available at: <https://www.portal-slovo.ru/impressionism/36299.php> (date of treatment: 10/04/2020). (rus)
2. Tugan-Baranovsky M.I. Russian factory in the past and present. Historical and economic research. [Tugan-Baranovskiy M. I. Russkaya fabrika v proshlom i nastoyashchem. Istoriko-ekonomicheskoye issledovaniye]. T. I. Historical development of the Russian factory in the XIX century. SPb.: Ed. O. N. Popova, 1900. 561 p. (rus)
3. Zilbert A.E. Planning of industrial territory [Planirovka promyshlennoy territorii]. Problems of architecture: Collection of materials. 1936. Vol. 1, No. 2. Pp. 7–38. (rus)
4. Antipov I., Vargazin. B. The problem of detail in the architecture of an industrial ensemble [Problema detali v arkhitekture promyshlennogo ansamblya]. Problems of architecture: Collection of materials. 1936. Vol. 1, No. 2. Pp. 111–128. (rus)
5. Babenko G.V. Socio-economic realities and development prospects of the historical centers of Russian cities and methodological support for solving this problem [Sotsial'no-ekonomicheskiye realii i perspektivy razvitiya istoricheskikh tsentrov rossiyskikh gorodov i metodicheskoye obespecheniye resheniya dannoy zadachi]. Economic problems of regions and industry complexes. 2013. No. 9. Pp. 241–245. (rus)
6. Chadovich A.A. Preservation or Demolition? Compromise! [Sokhraneniye ili snos? Kompromiss!]. Available at: <https://marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/chadovich/chadovich.pdf> (date accessed: 23/08/2020). (rus)
7. Shein V.V. Directions of transformation of reconstructed industrial buildings on the example of facilities of the Southern Federal District [Napravleniya transformatsii rekonstruiyemykh promyshlennyykh zdaniy na primere ob'yektov Yuzhnogo federal'nogo okruga]. Vestnik BG TU im. V.G. Shukhov. 2018. No. 9. Pp 62–67. (rus)
8. Washington University website. «Adaptive Reuse Principles», South Lake Union Background and Draft Options for Urban Center Plan. Available at: <http://courses.washington.edu/westudio/SLU/7-AdaptiveReuseSection.pdf> (date accessed: 07/11/2019)
9. Gause J.A., Hoch B.M., Macomber J.D., Rose J.F.P. New Uses for Obsolete Buildings. Urban Land Institute. Washington, DC: Urban Land Institute, 1996. 178 p.
10. Kostic A., Kekovic A., Stankovic D., Turnsek B., Tanic M. Adaptive reuse of industrial heritage-case of the textile factory “Kosta Stamenkovic” in Serbia. Architecture. Construction. Education. 2018. Available at: https://www.researchgate.net/publication/325444641_Adaptive_reuse_of_industrial_heritage-case_of_the_textile_factory_Kosta_Stamenkovic_in_Serbia (date accessed: 28/11/2019)
11. Zolotych M.A. Renovation of industrial zones in the modern city conditions [Renovatsiya promyshlennykh zon v sovremennykh usloviyakh goroda]. StudArctic forum. 2017. No. 2 (6). Available at: <http://saf.petrus.ru/journal/article.php> (date accessed: 23/08/2020). (rus)
12. Bloszies C. Foreword by Hugh Hardy. Old Buildings, New Design. Architectural transformations. Princeton Architectural Press. New York. 2012. 247 p.
13. «Manufaktura» website. Available at: <https://www.manufaktura.com/site/479/powstanie-manufaktury/rewitalizacja> (date accessed: 13/01/2019)
14. Cymer A. Lodz factories: yesterday and today [Fabriki Lodzi: vchera i segodnya]. Available at: <https://culture.pl/ru/article/fabriki-lodzi-vchera-i-segodnya> (date accessed: 15/01/2019). (rus)
15. «Winzavod» website. Available at: <http://www.winzavod.ru/residents/places/> (date accessed: 23/04/2019). (rus)
16. «Flacon» website. Available at: <https://flacon.ru/> (date accessed: 29/04/2019). (rus)
17. «Winzavod» website. Available at: <http://www.winzavod.ru/news/novye-molodye-v-novoy-teryakovke-dar-vinzavoda/> (date accessed: 23/04/2019). (rus)
18. «Moderna Museet Malmo» website. Available at: <https://www.moderna-museet.se/malmo/en/category/moderna-museet-malmo-2/> (date accessed: 17/04/2020)
19. Archdaily: Moderna Museet Malmo - Tham & Videgard Arkitekter. Available at: <https://www.archdaily.com/55428/moderna-museet-malmo-tham-videgard-arkitekter> (date accessed: 17/04/2020)
20. Architonic: Project by Kengo Kuma «Shipyard 1862». Available at: <https://www.architonic.com/en/project/kengo-kuma-shipyard-1862/5106177> (date accessed: 21/04/2020)
21. Leardi L. Kengo Kuma transforms Shanghai Shipyard into multi-use complex. Available at: <https://www.archdaily.com/889132/kengo-kuma-transforms-shanghai-shipyard-into-multi-use-complex> (date accessed: 21/04/2020)
22. Archi.ru: Reconstruction of the Danilovskaya Manufaktura factory into the LOFT business center (Meshcherina building) [Rekonstruktsiya fabriki «Danilovskaya manufaktura» pod delovoy tsentr LOFT (korpus «Meshcherina»)].

Available at: <https://archi.ru/projects/russia/8979/rekonstrukciya-fabriki-danilovskaya-manufaktura-pod-delovoi-centr-loft-korpus-mescherina> (date accessed: 23/04/2019). (rus)

23. Archdaily: The Forge Offices and Exhibition Space - Emrys Architects. Available at: <https://www.archdaily.com/922922/the-forge-offices-and-exhibition-space-emrys-architects> (date accessed: 23/04/2020)

24. Cuningham group: Office Conversion, LEED Gold Pending. Available at: <https://www.cuningham.com/portfolio/8665-hayden-place/> (date accessed: 19/10/2020)

25. Feichtner A.D. Hayden Place Makes Culver City Greener. Available at: <https://www.work-design.com/2013/06/hayden-place-makes-culver-city-greener/> (date accessed: 19/10/2020)

26. Meinhold B. Hayden Place is a Sustainable Office for the Cuningham Group in Culver City. Available at: <https://inhabitat.com/hayden-place-is-a-sustainable-office-for-the-cuningham-group-in-culver-city/> (date accessed: 25/10/2020)

27. Citywalls: Cable plant of Siemens and Halske JSC. Sevkabel plant [Kabel'nyy zavod AO «Simens i Gal'ske». Zavod «Sevkabel'»]. Available at: <https://www.citywalls.ru/house12377.html> (date accessed: 09/09/2020). (rus)

28. Iordanov S. «Sevkabel Port»: New life after opening [«Port Sevkabel'»: Novaya zhizn' posle ot-krytiya]. Available at: <https://www.the-village.ru/city/city-guide/326053-port-sevkabel-2-0> (date accessed: 19/10/2020). (rus)

Information about the authors

Tsepilova, Olga P. Postgraduate student. E-mail: tsepilova.art@gmail.com. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya street, 4.

Received 09.11.2020

Для цитирования:

Цепилова О.П. Анализ опыта повторной адаптации промышленной архитектуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 74–90. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-74-90

For citation:

Tsepilova O.P. Analysis of the experience of re-adaptation of industrial architecture. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 74–90. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-74-90

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-91-101

*Чащина А.И., Скопинцев А.В.

Академия архитектуры и искусств Южного Федерального Университета

*E-mail: lekxa-07@yandex.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АРХИТЕКТУРНОМУ ФОРМИРОВАНИЮ АДАПТИВНОЙ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ РОДИЛЬНЫХ ДОМОВ И ПЕРИНАТАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Аннотация. В статье предлагается несколько перспективных подходов к созданию адаптивной терапевтической среды родильных учреждений с использованием различных архитектурных средств модернизации. Представлены: «градостроительный подход», который учитывает оптимизацию различных вариантов градостроительного размещения роддомов и перинатальных центров; «средовой подход», позволяющий рассматривать перинатальные центры как совокупность экстерьерных и интерьерных пространств, сомасштабных человеку, его поведенческим стереотипам, эмоциональному состоянию. «Экологический подход» – предполагает введение природных компонентов в интерьер и экстерьер комплекса, что делает эффективным период реабилитации рожениц. «Архитектурно-планировочный подход» – направлен на совершенствование функционально-планировочных связей объектов перинатального центра. «Сценарно-функциональный подход» при формировании комфортной терапевтической среды лечебного учреждения позволяет рассматривать коммуникации в пространстве лечебного учреждения как своеобразный пространственно-временной сценарий на пути основных маршрутов передвижения внутри интерьеров и экстерьеров по «оси»: входная зона - приемное отделение – вестибюль холл и т.д. «Художественно-образный подход» предполагает, что «типичная» палата в лечебных учреждениях не должна быть ограничена только технологической и функциональной составляющей, а комфортность пребывания пациентов должна учитывать их эмоциональное состояние. «Композиционный подход» к формированию терапевтической среды родильных учреждений учитывает «грамотное» формирование архитектурного пространства с учетом законов архитектурной гармонизации, эстетического и композиционного начала. Систематизация выявленных подходов и направлений проектирования комфортной архитектурной «терапевтической» среды перинатальных центров создает методическую базу для разработки перспективных архитектурно-типологических моделей данных объектов с учетом их модернизации и нового строительства.

Ключевые слова: терапевтическая среда, адаптивная архитектурная среда, перинатальный центр, роддом, модернизация.

Введение. Формирование комфортной среды лечебных учреждений – является одной из приоритетных задач общей политики поддержки здравоохранения в России. Особенно актуальным этот вопрос представляется для учреждений родовспоможения: родильных домов и перинатальных центров, поскольку напрямую влияет на самочувствие женщин и способствует повышению рождаемости населения. В этом аспекте правительством и президентом намечен ряд программ, входящий в «план мероприятий по реализации в 2016-2020 годах концепции демографической политики Российской Федерации» №669-р на период до 2025 года, направленных на обеспечение доступности и качества медицинской помощи матерям и детям, снижение материнской и младенческой смертности.

В то же время оценка качества экстерьерной и интерьерной среды части родильных учреждений в городах России позволяет выявить ряд общих недостатков, включая их неудобное градостроительное размещение; традиционный, а зачастую «недружелюбный» вид, не поддерживаю-

щий духовно, и вызывающий у рожениц отрицательные эмоции. Проведенный комплексный анализ и оценка состояния архитектурной среды сложившейся системы роддомов и перинатальных центров на примере объектов и учреждений родовспоможения городов Юга России позволил выявить в них наличие монотонной, а зачастую «агрессивной» среды, с одинаковой нарезкой окон, которую пытаются украсить цветным фасадом, отсутствие у большинства объектов, расположенных в центре города зеленых рекреаций, нехватку территории, традиционный вид интерьеров, не отвечающих эстетическим качествам [1].

Одним из продуктивных подходов для решения проблем в данном направлении служит создание адаптивной «терапевтической» среды сложившейся системы родильных домов. Под этим понимается совокупность различных мероприятий, включая модернизацию архитектурного фонда роддомов, совершенствование их функционально-планировочных и объемно-пространственных решений, а также совершенствование архитектурных качеств интерьерной и экс-

терьерной среды современных комплексных медико-диагностических учреждений — перинатальных центров.

Данному вопросу уделялось внимание с позиций изучения влияния интерьерной и экстерьерной среды лечебного учреждения на эмоциональное состояние пациентов, как дополнительный лечебный фактор, который будет помогать и поддерживать их [2, 3]. Наличие подобного передового опыта в функционировании роддомов и учреждений перинатальной медицины отмечается рядом зарубежных исследователей [4, 5]. В отечественной науке данная проблема рассматривалась в аспектах модернизации, переоснащения, оптимизации сети существующих российских лечебных учреждений [6]. В том числе изучались вопросы совершенствования архитектурно-планировочных и функционально-пространственных решений перинатальных центров с учетом действующих нормативных требований [7–10]. В зарубежных научных исследованиях по архитектуре, психологии восприятия рассматривались вопросы формирования «оптимальной» архитектурно-пространственной среды лечебных учреждений, в том числе объектов родовспоможения, с учетом психофизиологических особенностей «переживания» сомасштабных и комфортных пространств, с заботой о духовном, физическом и психо-эмоциональном комфорте рожениц [11–15].

Таким образом, общая тенденция к созданию архитектурной «терапевтической среды», которая по своим визуальным, композиционно-пространственным и технологическим параметрам оказывала бы лечебный, терапевтический эффект на пациента представляется достаточно продуктивной. Ее реализация в рамках переустройства и модернизации сложившейся системы роддомов и перинатальных центров в стране является долгосрочной задачей. Одним из аспектов в решении подобной задачи может стать выявление и систематизация архитектурных подходов к формированию адаптивной терапевтической среды объектов и учреждений родовспоможения, чему посвящено данное исследование. Выявление подобных подходов, позволит сформировать в дальнейшем прямые задачи и требования к модернизации данных объектов и разработать теоретические и перспективные архитектурно-типологические модели функционально-пространственных и архитектурно-планировочных решений учреждений родовспоможения.

Методология. Методология данного исследования основывается на принципах комплексного подхода к рассмотрению проблемы с системным разложением ее на ряд аспектов, отра-

жающих действие различных факторов и условий. Так в методологии *средового проектирования* можно выделить несколько аспектов формирования применительно к созданию адаптивной терапевтической среды лечебных учреждений, например: *социо-историко-культурный, функционально-планировочный, архитектурно-пространственный, образно-семантический аспект*.

Социо-историко-культурный аспект в построении архитектурной терапевтической среды родильных учреждений отражает наличие в ее композиции присущих данному медицинскому учреждению, либо историческому окружению, в котором оно находится выраженных духовных, культурных, мифологических смыслов, наполняющих интерьерную и экстерьерную среду данного учреждения, отраженных в общественном сознании пациентов. Все это формирует некий бренд и корпоративный дух лечебного учреждения, придавая уверенность и спокойствие самим роженицам.

Функционально-планировочный аспект формирования комфортной терапевтической среды обеспечивает оптимальные функциональные схемы внутренних связей и помещений лечебного учреждения для качественного функционирования процессов родовспоможения, лечения, восстановления, передвижения и т.д., с учетом технологической оснастки процессов, организации освещения пространства, обеспечения его вертикальными и горизонтальными коммуникациями.

Архитектурно-пространственный аспект формирования восстановительной среды родильного учреждения отражает объемно-пространственные и колористические взаимодействия архитектурных, средовых и дизайнерских компонентов интерьерных и экстерьерных пространств, включая: ритм дверных и оконных проемов, гармоничное *взаимодействие пластики, текстур и фактур поверхностей, акцентно-доминантные и осевые построения*.

Образно-семантический аспект обеспечивает наличие в композиции архитектурной терапевтической среды выразительных, изобразительных средств с учетом эстетических и духовных ценностей, символики и знаковости пространства лечебного учреждения, способствующих эффективному оздоровлению и реабилитации пациентов.

Основная часть. Системное представление процесса формирования или модернизации адаптивной «терапевтической» среды сложившейся в стране системы родильных домов и перинатальных центров подразумевает несколько аспектов и

направлений совершенствования их функционально-планировочных, объемно-пространственных и архитектурно-художественных решений. Исходя из этого, в данном исследовании предлагается несколько *перспективных подходов* к созданию адаптивной среды родильных учреждений с использованием различных архитектурных средств и выявлением ряда *типологических моделей* подобной среды:

1. «Градостроительный подход», учитывает оптимизацию градостроительного размещения роддомов и перинатальных центров в т.ч. с включением необходимых мер снижения вредных воздействий. Выделяется шесть типов размещения объектов родовспоможения: в структуре исторического центра, делового центра, жилого района и в загородной зоне (рис. 1):

Первый тип градостроительного размещения *в структуре плотной застройки исторического центра города*. Часто эти здания подвергались реконструкции, так как изначально имели другую функцию (доходные дома, больницы, и т.д.) Достоинством такого расположения является транспортная и пешеходная доступность, а также его доминантное положение в застройке и архитектурная выразительность, часто такие объекты являются памятниками архитектуры. В модернизации такого объекта, стоит учитывать ограничения по расположению и формообразованию, по развитию планировочных решений и функционального наполнению. Необходимо восполнить нехватку рекреационной территории во внутреннем пространстве учреждения (рис. 1 а).

Второй тип градостроительного размещения *в деловом центре рядом с общественно-значимыми объектами*. В таком варианте необходимо разработать оптимальную планировочную структуру уже сложившегося объекта в соответствии с современными технологиями и новыми медицинскими требованиями. На территории такого типа обычно присутствует парковка и небольшая рекреационная зона, которую стоит переосмыслить в соответствии с требованиями терапевтической среды (рис. 1 б).

Третий тип градостроительного размещения *в жилом районе или на периферии*. Зачастую это объекты районного значения, крупные перинатальные центры или роддома и акушерские отделения, входящие в состав больничных комплексов. Они дополняют систему учреждений родовспоможения общегородского значения. Там уже организована парковка и небольшая рекреационная зона, которую необходимо преобразовать с учетом комфортной среды. Особенности этого типа: небольшая проходимость, которая зависит от времени суток и дней недели; транспортная и пешеходная доступность затрудненная, в отличие от первого типа. В таком варианте необходимо разработать оптимальную планировочную структуру на основе многофункционального комплекса с учетом районного центра. Появляется возможность создать более гибкую планировку, задействовав несколько существующих блоков и реорганизовать пространство в соответствии с требованиями к терапевтической среде, которая станет отправной точкой для всего района (рис. 1 в).



Рис. 1. Типология градостроительного размещения учреждений родовспоможения

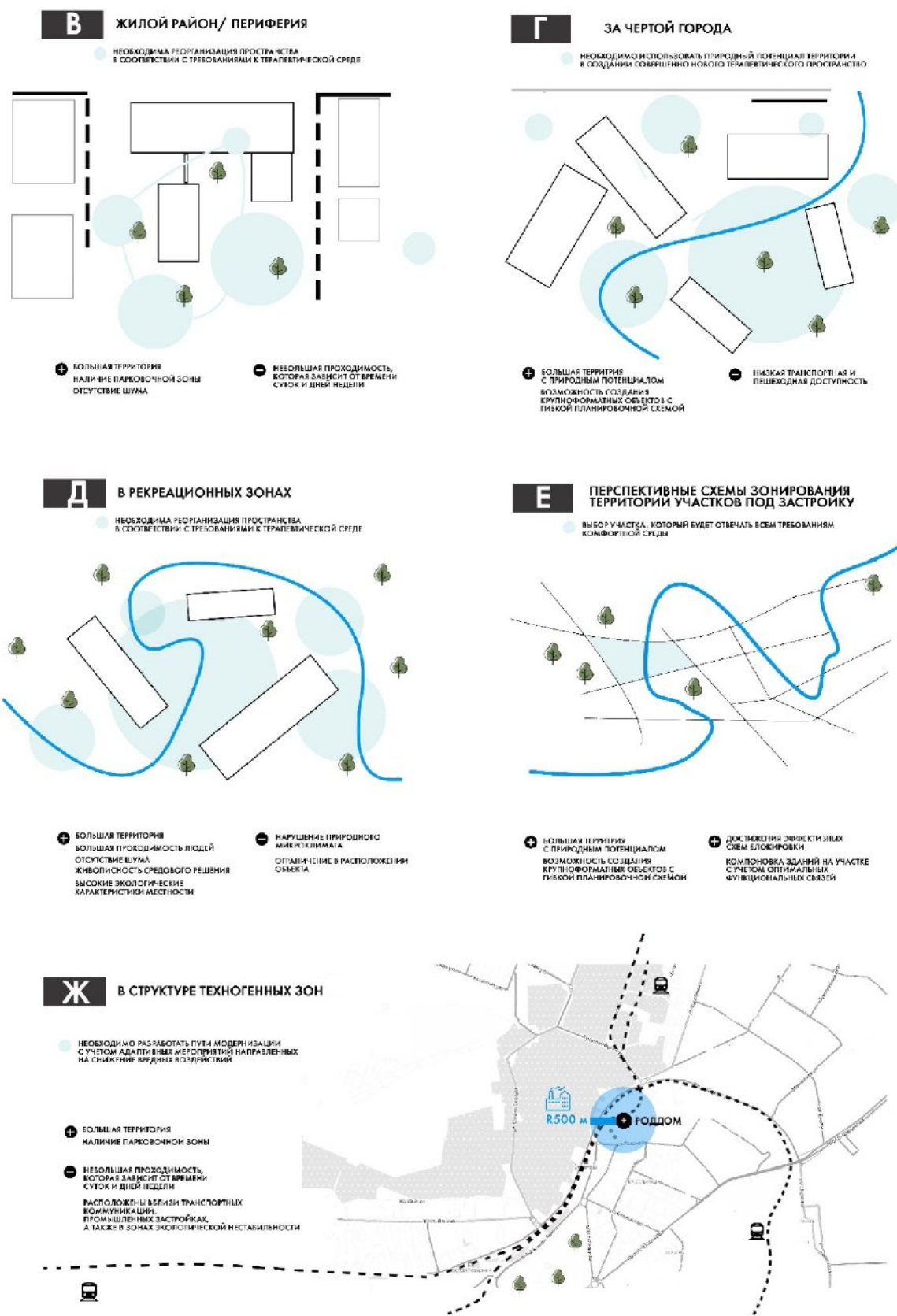


Рис. 1. Типология градостроительного размещения учреждений родовспоможения (продолжение)

Четвертый тип градостроительного размещения *за чертой города*. В основном к этому типу относятся крупные перинатальные центры, иногда областные. Они начали развиваться за чертой города, в связи с нехваткой больших свободных территорий под новое строительство. В

таких местах появляется возможность создания крупноформатных объектов с удобной инфраструктурой и гибкой планировочной схемой. За счет использования природного потенциала территории, можно создать совершенно новое терапевтическое пространство, с включением природы и «зеленых структур» в архитектуру (рис. 1 г).

Пятый тип градостроительного размещения перинатальных центров и клиник *в рекреационных зонах*, исключая воздействие техногенных факторов (рис. 1 д);

Шестой тип градостроительного размещения – включение перспективных и оптимальных схем зонирования территорий участков под застройку, достижения эффективных схем блокировки и компоновки зданий на участке с учетом оптимальных функциональных связей и композиции ансамбля (рис. 1 е).

Седьмой тип градостроительного размещения - *в структуре техногенных зон*. Зачастую это объекты районного значения из третьего и четвертого типов, которые расположены вблизи транспортных коммуникаций, промышленных застройках, а также в зонах экологической нестабильности. В таком варианте необходимо разработать пути модернизации с учетом адаптивных

мероприятий, направленных на снижение вредных воздействий. (рис. 1 ж).

Таким образом, функциональный аспект модернизации учреждений родовспоможения включает в себе два противоречивых требования: в первую очередь, качество их функционирования зависит от доступности, они должны располагаться рядом с крупными транспортными артериями; с другой стороны, им требуется тишина, спокойствие и комфорт с удобными пешеходными зонами.

2. «Средовой подход» - позволяет рассматривать перинатальные центры не только как группы специализированных зданий, функциональных блоков и коммуникаций – но и как средовой комплекс, формируемый совокупностью экстерьерных и интерьерных пространств, «сценарно-организованных», масштабных человеку и его поведенческим стереотипам, эмоциональному состоянию. Зданиями или другими архитектурными средствами необходимо оградить внутреннее пространство учреждения родовспоможения от внешней суеты, чтобы появилась возможность передохнуть и восстановить силы в более естественной обстановке и тишине (рис. 2).

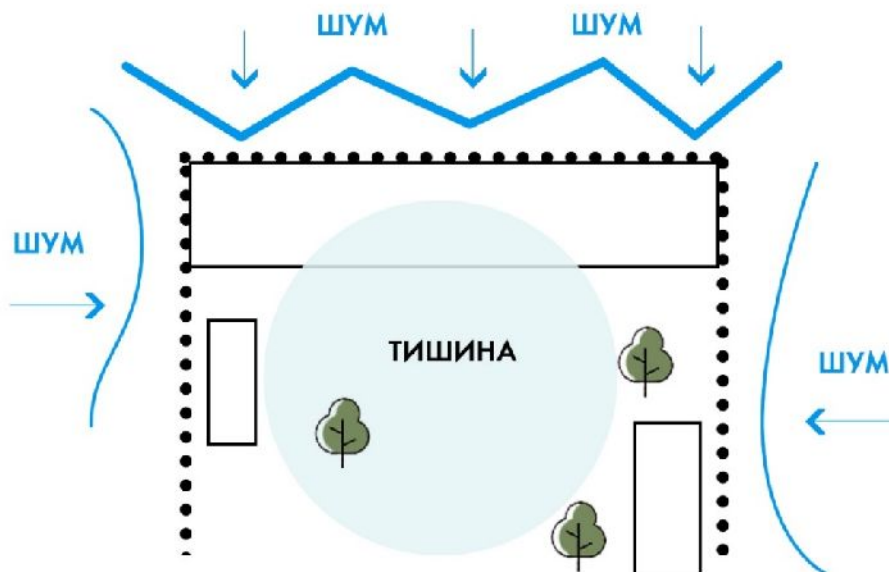


Рис. 2. Средовой подход к формированию адаптивных и комфортных пространств в перинатальном центре

3. «Экологический подход» – предполагает введение природных компонентов в интерьер и экстерьер комплекса, что делает эффективным период реабилитации рожениц. Необходимо организовать открытые и закрытые зеленые пространства с водоемами, окруженные деревьями

или стенами, чтобы в лечебных учреждениях появлялись места «исцеления» (рис. 3). Стоит организовать неглубокие пруды и бассейны со струящейся водой, которые будут выступать в качестве системы местных наливных и буферных водохранилищ [16, 17].



Рис. 3. Примеры экологически комфортных пространств (Healthcare center: medical facilities utrecht, the Netherlands. Anaheim, United States. Accoya Bridge at Parco, Bangkok)

4. «Архитектурно-планировочный подход» – направлен на совершенствование функционально-планировочных связей объектов перинатального центра (приемного, родильного отделения, отделений женской и детской патологии, поликлиники и др.). Необходимо организовать сеть учреждений родовспоможения и их филиалов опираясь на трехуровневую систему оказания медицинской помощи, создав архитектурными средствами слаженную структуру, которая охва-

тила Юг России (рис. 4). Так в Московской области начала реализовываться программа по созданию общей сети и начали появляться перинатальные центры регионального уровня, которые включают в свой состав вспомогательные филиалы, такие как областной центр материнства и детства, поликлиники, стационары по всем необходимым направлениям медицинской помощи, больницы, амбулатории и фельдшерско-акушерские пункты (рис. 5).

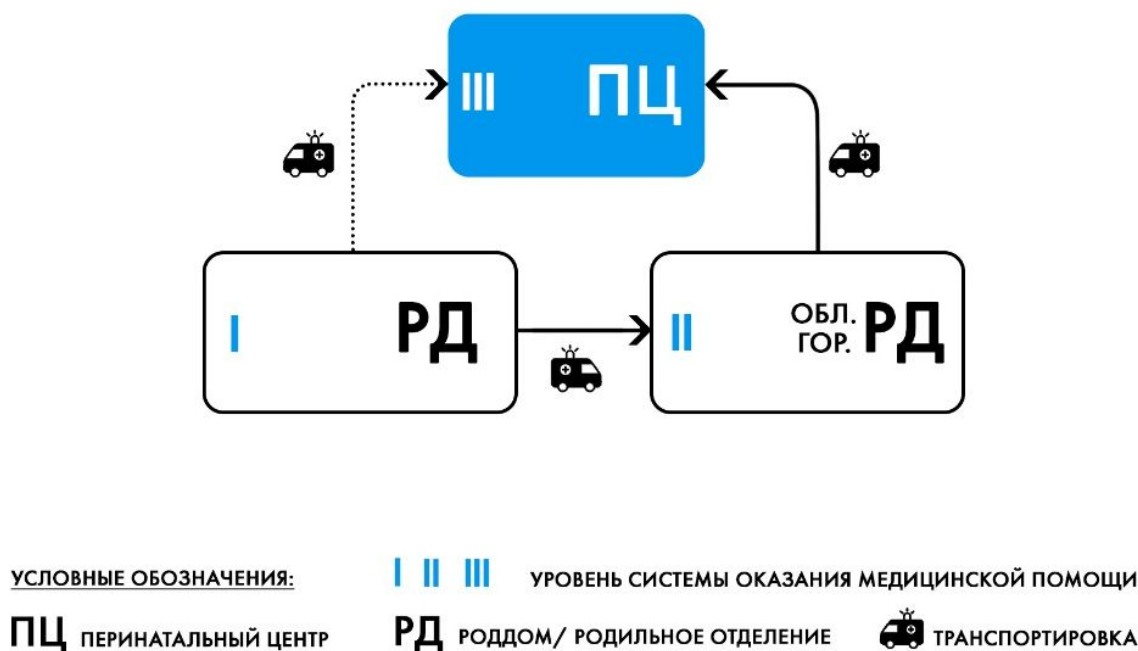


Рис. 4. Уровневая система оказания помощи в учреждениях родовспоможения

5. «Сценарно-функциональный подход» при формировании комфортной терапевтической среды лечебного учреждения позволяет архитектору выступать в качестве режиссёра, который должен продумать сюжет передвижения действующих лиц в этом пространстве и организовать его так, чтобы оно помогало и направляло паци-

ентов и медработников. Коммуникации в пространстве лечебного учреждения могут рассматриваться как своеобразный пространственно-временной сценарий на пути основных маршрутов передвижения внутри интерьеров и экстерьеров по «оси»: входная зона – приемное отделение – вестибюль холл и т.д.

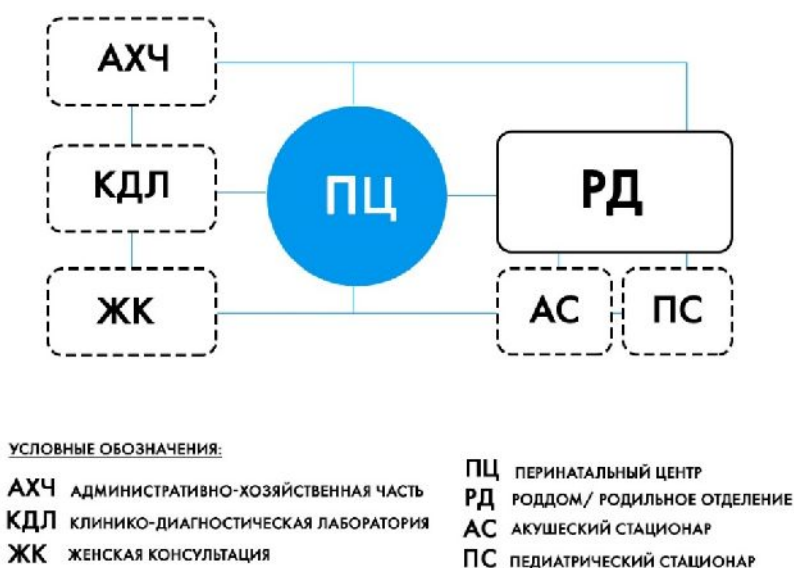


Рис. 5. Перспективная структурная организация сети перинатального центра

6. «Художественно-образный подход» предполагает, что «типичная» палата в лечебных учреждениях не должна быть ограничена только технологической и функциональной составляющей; комфортность пребывания пациентов учитывает их эмоциональное состояние. В этом смысле в архитектурно-художественном решении интерьеров перинатальных центров необходимо снивелировать (исключить) «типичные»,

характерные черты больничной среды, которые вызывают сильные негативные эмоции, включая угрозу, уязвимость и страх. Исходя из этого, важной целью для проектирования является создание целостного архитектурного образа благоприятной среды лечебного учреждения, воздействующей на передвижения, чувства, ассоциации и эмоции пациентов, что способствует снижению стресса и улучшению их самочувствия (рис. 6);

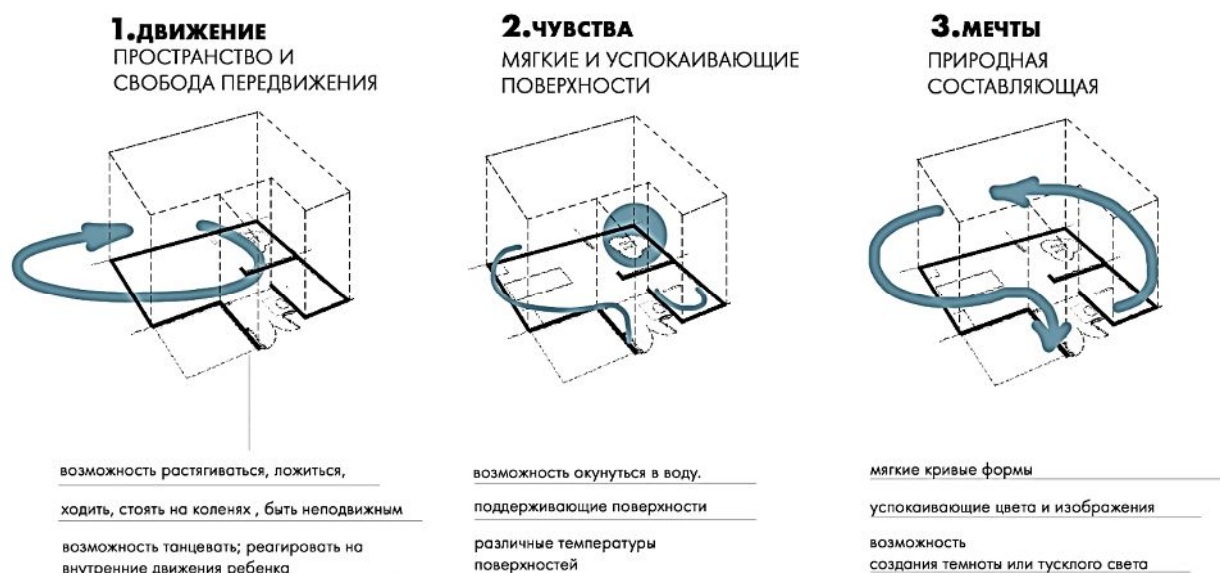


Рис. 6. Художественно-образный подход к проектированию родильного отделения (по опыту Новой Зеландии)

7. «Композиционный подход» к формированию терапевтической среды родильных учреждений учитывает «грамотное» формирование архитектурного пространства с учетом законов архитектурной гармонизации, эстетического и композиционного начала. Основными составляющими такой среды выступают:

а) сомасштабность и простота интерьерных и экстерьерных решений, единство их визуальной организации; включение в архитектурные решения несколько «масштабных шкал», в том числе использование помимо количественной – «содержательной» масштабности основных объемов и пространств перинатальных центров;

б) предсказуемость, порядок и ясность в функционально-композиционных связях внутренних и внешних пространств;

в) наличие компонентов естественной природы, создающих симбиоз двух сред и разнообразные соотношения;

г) гармоничное цветовое сочетание и комфортное психофизиологическое воздействие цветосветовой среды на пациенток, включая обилие солнечного света в интерьерах; осознанная контрастность или, напротив, ненасыщенность цветных компонентов; включение различных концепций психофизиологической реабилитации;

д) «грамотная» планировка: организация логики и свободы передвижения в пространстве,

е) акцентация значимых пространств: присутствие доминанты и ориентиров движения, системы визуальных коммуникаций;

ж) стабильность, тектоническая и конструктивная «устойчивость» объекта.

Выявленные подходы к формированию адаптивной терапевтической среды родильных учреждений создают предпосылки к формированию перспективных архитектурно-типологических моделей подобных объектов с учетом их совершенствования и модернизации

Выводы. В исследовании рассмотрены проблемы современного формирования и модернизации учреждений родовспоможения, которые включают: а) наличие отрицательных и положительных факторов, влияющих на психофизиологию восприятия женщины в «родильном пространстве»; б) существующие недостатки функционально-планировочной организации объектов родовспоможения и поиск «идеальной» функционально-планировочной модели родильного дома; в) наличие двух концепций модернизации перинатальных центров: основанной на совершенствовании их технологического оснащения и на подходе к проектированию адаптивной среды родильных лечебных учреждений по пути «исцеления» – концепции, которая включает в себя наши умы, чувства, дух и тело; г) проблему поиска и формирования новой модели терапевтической архитектурной среды объектов и учреждений родовспоможения.

Выявлено несколько перспективных подходов к формированию архитектурной терапевтической среды родильных домов и перинатальных центров, охватывающих социо-культурные, функционально-планировочные, архитектурно-пространственные и образно-эмоциональные аспекты формообразования. Систематизация выявленных подходов и направлений проектирования комфортной архитектурной «терапевтической» среды перинатальных центров создает методиче-

скую базу для разработки перспективных архитектурно-типологических моделей данных объектов с учетом их модернизации и нового строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чашина А.И., Скопинцев А.В. Анализ современного состояния архитектурной среды родильных домов и перинатальных центров (на примере городов Юга России) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. №4 С. 74–83. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-74-83
2. Fahy K.M., Parratt J. A. Birth Territory: a theory for midwifery practice // Women and birth: journal of the Australian College of Midwives. 2006. Pp. 4–78.
3. Purves G. Primary Care Centres. A Guide to Health Care Design. Second Edition // Oxford, Elsevier Ltd., 2009. Pp. 4–86
4. Fahy K.M., Foureur M., Hastie C. Birth Territory and Midwifery Guardianship: Theory For Practice, Education And Research 1st Edition // Elsevier, Edinburgh, 2008. 198 p.
5. Pilkington H, Blondel B, Papiemik E, Cuttini M, Charreire H, Maier RF, et al. Distribution of maternity units and spatial access to specialised care for women delivering before 32 weeks of gestation in Europe. Health & Place. 2010. Pp. 531-538
6. Чеберева О.Н. Принципы архитектурной модернизации комплексов медицинских соматических стационаров (на примере городских больниц Нижнего Новгорода): дисс. канд. архит. НН., 2009. 210 с.
7. Пенюгина Е.Н. Концептуальные подходы к оптимизации сети больниц и организации стационарной медицинской помощи с учетом градостроительной политики и основных направлений социально-экономического развития крупного города: дисс. канд. мед. наук. СПб., 2008. 388с.
8. Проектирование перинатальных центров и других учреждений родовспоможения. Методические рекомендации. Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации. М., 2007. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200069546> (дата обращения: 10.09.2019)
9. Давыденко Н.Б. Научное обоснование организации системы реабилитации родильниц группы высокого риска в перинатальном центре: дисс. канд. мед. наук. Ч., 2007. 160 с.
10. Аберхаева Л.С. Научно-методическое обоснование организации межрайонного центра перинатальной медицины: дисс. канд. мед. наук. К., 2012. 178 с.
11. Чеберева О.Н. Архитектура медицинского стационара как лечебная архитектура //

Сборник трудов аспирантов и магистрантов. Архитектура. Геоэкология. Экономика. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2003. С. 38-42.

12. Health Building Note 09-02: Maternity Care Facilities. Department of Health. London, 2013. 71 p.

13. Parratt J. Territories of the self and spiritual practices during childbirth. Territory and Midwifery Guardianship: Theory for practice, education and research Edinburgh // Butterworth Heinemann Elsevier, Edinburgh, 2008. Pp. 39–54.

14. Purves G. Healthy Living Centres a guide to primary health care design. Oxford, Elsevier Ltd., 2002. 241 p.

15. Frank K.A., Lepori R.B. Architecture from the inside out: From the body, the senses, the site, and the community, 2nd edition. // Wiley-Academy, West Sussex, Great Britain. 2007. 33 p.

16. Princess Máxima Centre for Child Oncology LIAG Architects [Электронный ресурс]. URL: https://www.archdaily.com/899421/princess-maxima-centre-for-child-oncology-liag-architects?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev (дата обращения: 15.05.2020)

17. Accoya Canals [Электронный ресурс]. URL: <https://www.archdaily.com/catalog/us/products/8756/accoya-canals-accoya> (дата обращения: 15.05.2020)

Информация об авторах

Чащина Александра Игоревна, аспирант кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: leksa-07@yandex.ru. Академия архитектуры и искусств Южного Федерального Университета. Россия, 344002, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Скопинцев Анатолий Вениаминович, кандидат архитектуры, профессор кафедры архитектурного и средового проектирования. E-mail: scoparh@yandex.ru. Академия архитектуры и искусств Южного Федерального Университета. Россия, 344002, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Поступила 17.10.2020 г.

© Чащина А.И., Скопинцев А.В., 2020

**Chashchina A.I., Skopintsev A.V.*

Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University

**E-mail: leksa-07@yandex.ru*

MODERN APPROACHES TO ARCHITECTURAL FORMATION OF THE ADAPTIVE THERAPEUTIC ENVIRONMENT OF MATERNITY HOSPITALS AND PERINATAL CENTERS

Abstract. The article deals with the problem of forming an adaptive "therapeutic" environment for the system of maternity hospitals and perinatal centers that has developed in the country. This problem is considered in a comprehensive manner, highlighting several aspects, such as: socio-historical-cultural, functional planning, architectural-spatial, figurative-semantic aspect. On this basis, the study proposes several promising approaches to creating an adaptive therapeutic environment for maternity facilities using various architectural modernization tools and identifying a number of typological models of such an environment. The following approaches are presented: "urban planning approach", which takes into account the optimization of various options for urban planning placement of maternity hospitals and perinatal centers; "environmental approach", which allows considering perinatal centers as a set of exterior and interior spaces, commensurate with a person, his behavioral stereotypes, emotional state. "Ecological approach" - involves the introduction of natural components into the interior and exterior of the complex, which makes the period of rehabilitation of women in labor effective. "Architectural and planning approach" - is aimed at improving the functional and planning links of the objects of the perinatal center. "Scenario-functional approach" in the formation of a comfortable therapeutic environment of a medical institution allows us to consider communications in the space of a medical institution as a kind of spatio-temporal scenario on the way of the main routes of movement inside the interiors and exteriors along the "axis": entrance area - admission department - lobby, hall, etc. .d. The "artistic-figurative approach" assumes that a "typical" ward in medical institutions should not be limited only by the technological and functional component, and the comfort of patients' stay should take into account their emotional state. The "compositional approach" to the formation of the therapeutic environment of maternity facilities takes into account the "competent" formation of the architectural space, taking into account the laws of architectural harmonization, aesthetic and compositional principles. The systematization of the

identified approaches and directions for designing a comfortable architectural "therapeutic" environment for perinatal centers creates a methodological basis for the development of promising architectural and typological models of these objects, taking into account their modernization and new construction.

Keywords: *therapeutic environment, adaptive architectural environment, perinatal center, maternity hospital, modernization.*

REFERENCES

1. Chashchina A.I., Skopintsev A.V. Analysis of the current state of the architectural environment of maternity hospitals and perinatal centers (on the example of cities in the South of Russia). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 4. P. 74-83 (rus)
2. Fahy K.M., Parratt J.A. Birth Territory: a theory for midwifery practice. Women and birth: journal of the Australian College of Midwives. 2006. Pp. 4-78.
3. Purves G. Primary Care Centres. A Guide to Health Care Design. Second Edition. Oxford, Elsevier Ltd., 2009. Pp. 4-86
4. Fahy K.M., Foureur M., Hastie C. Birth Territory and Midwifery Guardianship: Theory For Practice, Education And Research 1st Edition. Elsevier, Edinburgh, 2008. 198 p.
5. Pilkington H, Blondel B, Papiemik E, Cuttini M, Charreire H, Maier RF, et al. Distribution of maternity units and spatial access to specialised care for women delivering before 32 weeks of gestation in Europe. Health & Place. 2010. Pp. 531-538
6. Chebereva O.N. The principles of architectural modernization of complexes of medical somatic hospitals (for example, city hospitals in Nizhny Novgorod) [Principy` arkhitekturnoj modernizacii kompleksov medicinskix somaticheskix stacionarov (na primere gorodskix bol'nicz Nizhnego Novgoroda)]. PhD thesis. NN., 2009. 210 p. (rus)
7. Penyugina E.N. Conceptual approaches to optimizing the network of hospitals and organizing inpatient medical care, taking into account urban planning policies and the main directions of socio-economic development of a large city [Konceptual'ny'e podxody` k optimizacii seti bol'nicz I organizacii stacionarnoj medicinskoj pomoshhi s uchetom gradostroitel'noj politiki i osnovny'x napravlenij social'no-e'konomicheskogo razvitiya krupnogo goroda]. PhD thesis. St. Petersburg., 2008. 388 p. (rus)
8. Design of perinatal centers and other obstetric facilities. Guidelines [Proektirovanie perinatal'ny'x centrov i drugix uchrezhdenij rodovspomozheniya. Metodicheskie rekomendacii. Ministerstvo zdravooxraneniya i social'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200069546> (date of treatment: 10.09.2019) (rus)
9. Davydenko N.B. The scientific rationale for the organization of the system of rehabilitation of high-risk puerperas in the perinatal center [Nauchnoe obosnovanie organizacii sistemy` reabilitacii rodil'nicz gruppy` vy'sokogo riska v perinatal'nom centre]. PhD thesis. Ch., 2007. 160 p. (rus)
10. Aberkhaev, L.S. Scientific and methodological substantiation of the organization of the inter-district center of perinatal medicine [Nauchno-metodicheskoe obosnovanie organizacii mezhrajonnogo centra perinatal'noj mediciny`]. PhD thesis. K., 2012. 178 p. (rus)
11. Chebereva O.N. The architecture of a medical hospital as a medical architecture. [Arkhitektura medicinskogo stacionara kak lechebnaya arkhitektura]. Proceedings of graduate students and undergraduates. Architecture. Geoecology. Economy. Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. 2003. Pp. 38-42 (rus)
12. Health Building Note 09-02: Maternity Care Facilities. Department of Health. London, 2013. 71 p
13. Parratt J. Territories of the self and spiritual practices during childbirth. Territory and Midwifery Guardianship: Theory for practice, education and research Edinburgh: Butterworth Heinemann Elsevier, Edinburgh, 2008. Pp. 39-54.
14. Purves G. Healthy Living Centres a guide to primary health care design. Oxford, Elsevier Ltd., 2002. 241 p.
15. Frank K.A., Lepori R.B. Architecture from the inside out: From the body, the senses, the site, and the community, 2nd edition. Wiley-Academy, West Sussex, Great Britain. 2007. 33 p.
16. Princess Máxima Centre for Child Oncology LIAG Architects. URL: https://www.archdaily.com/899421/princess-maxima-centre-for-child-oncology-liag-architects?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev (date of treatment: 15.05.2020)
17. Accoya Canals. URL: <https://www.archdaily.com/catalog/us/products/8756/accoya-canals-accoya> (date of treatment: 15.05.2020)

Information about the authors

Chashchina, Alexandra I. Postgraduate student. E-mail: leksa-07@yandex.ru. Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University. Russia, 344002, Rostov Region, Rostov-on-Don, Ave. Budennovsky 39.

Skopintsev, Anatoly V. DSc, Professor. E-mail: scoparh@yandex.ru. Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University. Russia, 344002, Rostov Region, Rostov-on-Don, Ave. Budennovsky 39.

Received 17.10.2020

Для цитирования:

Чашина А.И., Скопинцев А.В. Современные подходы к архитектурному формированию адаптивной терапевтической среды родильных домов и перинатальных центров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 91–101. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-91-101

For citation:

Chashchina A.I., Skopintsev A.V. Modern approaches to architectural formation of the adaptive therapeutic environment of maternity hospitals and perinatal centers. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 91–101. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-91-101

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-102-109

Ярмош Т.С., *Бабаева М.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: maria.babayeva@yandex.ru

РОЛЬ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В ФОРМООБРАЗОВАНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Аннотация. *Общественные пространства – это городская среда, которую местные жители могут использовать в любое время. К общественным пространствам относятся такие районы и части города, в которых сосредоточена основная часть жизни людей: площади, рекреационные зоны, скверы, парки, спортивные площадки, улицы, бульвары, прибрежные территории. В статье рассматривается роль ландшафтной архитектуры в процессе формирования общественных пространств, характеризуются особенности и основные принципы проектирования общественных территорий: взаимодействие с окружением, структуризация, оптимизация, преемственность и гармонизация. В результате работы над статьей анализируется и обобщается богатый теоретический и практический опыт отечественного градостроительства. На примере нескольких городов анализируется опыт реконструкции и проектирования общественных пространств, выявляются приоритетные направления в разработке проектов по благоустройству территории. Данная проблема является актуальной в современной ландшафтной архитектуре, поскольку сейчас во многих городах ощущается необходимость создания и обустройства рекреационных зон в городской среде. В ближайшее время в области проектирования общественных пространств российских городов будут развиваться инновационный и стратегический подход, объединяющий искусство, науку и технику в ландшафтном проектировании. Перечисленные в статье принципы проектирования отражены в генеральных планах большинства городов в России, благодаря чему сформирован индивидуальный и неповторимый облик каждого города.*

Ключевые слова: общественное пространство города, ландшафтная архитектура, особенности проектирования, инновационный подход к проектированию, современная городская среда.

Введение. Современный ландшафт города, как собирательная структура, динамично изменяется и берет за основу социальную, экономическую и экологическую сферу. «Под влиянием новых социальных условий и материальных возможностей людей, под воздействием развивающейся техники и научно-технического прогресса изменяются представления человека о своем жилище, его оценка с точки зрения комфортности, степени удовлетворенности тем или иным решением» [6].

В ландшафте отражается история города, его природное и культурное наследие. Урбанистические процессы, которые происходят в современном городе, также характеризует ландшафтная архитектура [1].

Задача сохранения экологии становится все более первостепенной и важной в современном обществе. Поэтому все особенности и структура ландшафта затрагивает не только область ландшафтной архитектуры, но и другие науки: экономику, экологию, социологию, энергетику, ресурсосбережение.

Материалы и методы. Архитектурные и ландшафтные проекты берут за свою основу теоретические исследования, представляющие собой комплекс мер и требований, направленных на изменение городской структуры, которая зависит от характеристики пространства города. Во

время работы над проектом проводится большая исследовательская работа, затрагивающая разные уровни городской среды. В результате полученных исследований и выводов, принимается решение о масштабах и виде требуемых изменений, это может быть: редевелопмент территории, реабилитация, перепрофилирование, реорганизация. На этом этапе специалисты делают заключение о необходимости привнесения новых компонентов в среду города [5].

С течением времени, города развиваются и растут, а значит и ландшафт требует комплексных изменений, затрагивающих экологию, планирование и инфраструктуру. При помощи ландшафтной архитектуры можно восстановить общность городской среды, экологическое и культурное процветание города.

Основная часть. В архитектурной практике всегда уделялось большое внимание созданию общественных пространств, что объясняется основной ролью этих территорий в образовании планировки и архитектурно-художественном об разе города [2].

В средневековых городах площадь зачастую была их сердцем, местом встречи жителей города на открытом пространстве (рис. 1). На площади размещался рынок, проходили праздники и городские мероприятия, люди узнавали

последние новости, обсуждали политические изменения или просто наслаждались прогулками. Невозможно представить себе средневековый город без главной площади. В большинстве стран

общественные пространства под открытым небом до сих пор служат важным местом, на котором горожане выражают поддержку той или иной партии за изменения в политической сфере [11].

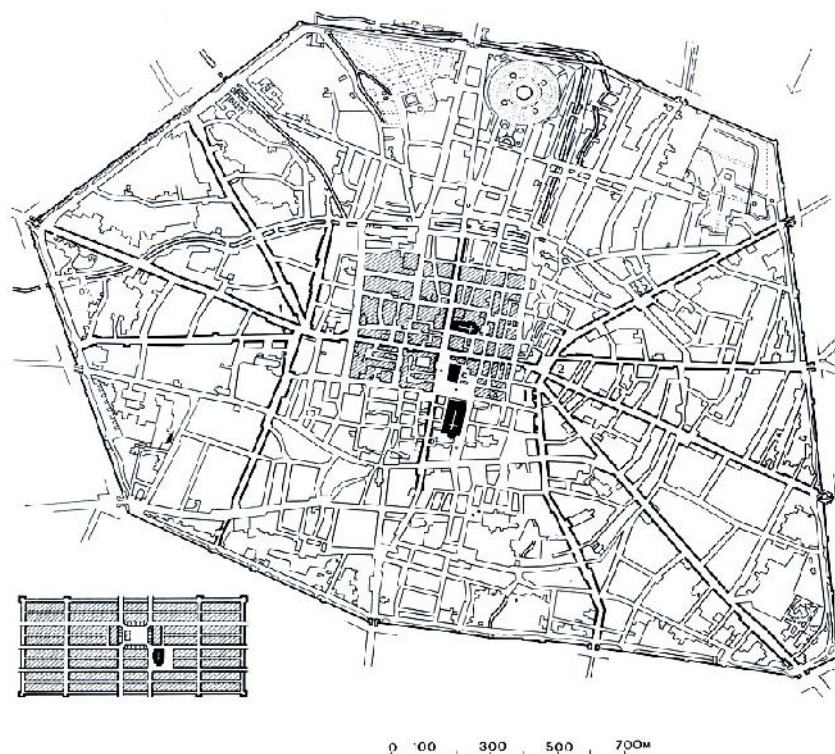


Рис. 1. Болонья (вверху) и Монпелье (в нижнем левом углу). Центральные кварталы, заштрихованные на плане Болоньи, сохраняют следы прямоугольной древнеримской планировки. Регулярный город Монпелье (южная Франция) построен в конце XIII в. 1-2 - точки схода радиальных улиц, возникших в средние века

Основные принципы проектирования общественных пространств были разработаны отечественными градостроителями в XX в. Благодаря этой долгой и кропотливой работе был раскрыт их функциональный и смысловой потенциал. Градостроители выявили правила, по которым можно определить внутреннее и композиционное содержание формы архитектурно-планировочной структуры, создать такое общественное пространство, которое будет учитывать условия благоприятного восприятия. Правила и принципы создания комфортных общественных пространств реализованы в проектах большинства российских городов [3].

Ландшафт города воспринимается как фундамент для планирования и развития городской среды, на котором основаны социальные, экологические, культурные и производственные процессы.

В наши дни возрастает важность создания уличных пространств, относящихся к совершенно новому типу. Речь идет о месте, которое используется группой людей, объединенных общими интересами: например, специально обустроенные участки, предназначенные для

ходьбы, занятия спортом и играми; пространства, распределенные по территориям жилых комплексов; внутренние дворы и сады, которые используются посетителями, пациентами и работниками разнообразных учреждений; площадки для прогулок и активных игр в детских садах; а также участки между зданиями, используемые для отдыха и проведения социальных мероприятий [15].

Основная идея заключается в том, что общественное пространство во-первых, должно быть адаптивным – проектироваться и управляться таким образом, чтобы отвечать потребностям пользователей; во-вторых, демократичным – обеспечивать доступ для всех групп населения, чтобы люди могли получить свободу действий; в-третьих, значимым – позволять людям свободно взаимодействовать с внешним миром и развиваться.

Современные ландшафтные проекты благоустройства и озеленения общественных пространств делятся на несколько видов:

- а) инфраструктурные проекты («Висячие сады» Маркессак);
- б) маломасштабные проекты, которые включают в себя значимое культурное и природное

наследие (современный проект ландшафтного благоустройства Версаля);

в) проекты регионального значения (Парк Багатель в Париже).

г) проекты, предусматривающие расширение территории («Чудо-сад» в городе Дубай);

К основным принципам проектирования общественных пространств относятся: взаимодействие с окружением, структуризация, оптимизация, преемственность и гармонизация [8]. Разберем и проанализируем эти принципы проектирования общественных пространств.

Главный принцип проектирования – **взаимодействие с окружением**. Он включает в себя функциональную и композиционную связь проектируемого объекта с элементами городской среды. К таким элементам можно отнести природный ландшафт и другие виды архитектурного зонирования. Благодаря принципу взаимодействия с окружением происходит связь разных частей города, объединяются архитектурные и природно-ландшафтные территории, в результате чего развиваются новые, современные общественные пространства [9].

У проектирования, использующего принцип взаимодействия с окружением, есть большое количество плюсов, среди них: определение границ совместных интересов общественных самоуправлений для развития коллективного пространства; разработка новых концепций, формирующих локальные системы расселения крупных городов, пространственных кластеров.

Примером ландшафтного проекта, созданного с соблюдением принципа взаимодействия с окружением является набережная Енисея в Дивногорске.

На сегодняшний день Дивногорская набережная – центр притяжения для жителей Красноярска и других ближайших городов (рис. 2). После проведения благоустройства набережной, множество людей ежедневно посещают это место. Ведь именно отсюда открывается потрясающий вид на противоположный берег Енисея и Дивные горы, которые дали городу название и стали его визитной карточкой.

С учетом принципа взаимодействия с окружением, набережная разделена на несколько зон: участок для отдыха детей, на котором оборудован парк аттракционов и огороженная прогулочная зона; рекреационная зона, включающая в себя сквер с удобными деревянными скамейками, качелями, информационным центром и местом общественного питания. Помимо этого, на набережной есть спортивная зона с тренажерами разных видов. Желаящие могут спуститься к берегу Енисея и покормить уток со специально оборудованной пристани. Возле деревянной надписи «Дивный» гости города делают фотографии на память.

Набережная Енисея в Дивногорске давно стала обязательным пунктом для посещения туристов. Настоящим отдыхом для души может стать прогулка по набережной с возможностью рассмотреть живописный берег реки Енисей. Таким образом, используя принцип взаимодействия с окружением, архитекторам удалось создать связь между всеми общественными пространствами набережной Енисея с элементами природного ландшафта. Пожалуй, это одно из самых запоминающихся и ярких мест города-спутника Красноярска.

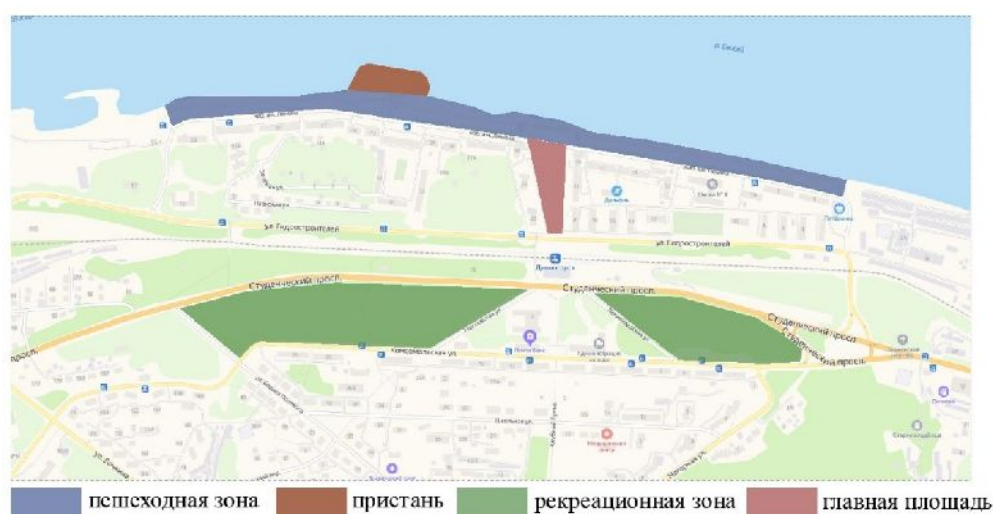


Рис. 2. Схема функционального зонирования набережной Енисея в городе Дивногорске

Структуризация – принцип, в результате использования которого формируются различные типы инфраструктуры. Используя принцип структуризации, в городской среде выделяется

несколько инфраструктур: производственная, социальная, рекреационная, транспортная, ландшафтная и историко-культурная. Кроме того по-

являются общественные пространства, где активность населения повышена. Плюс структуризации заключается в том, что этот метод предполагает разработку в генеральном плане общественных пространств разнообразных территорий и функциональных зон. Ярким примером принципа структуризации является центральная площадь в городе Ижевск.

Главная площадь столицы Удмуртской Республики представляет собой её культурный и общественно-политический центр и располагается в центре города (рис. 3). Она была построена во второй половине XX века в соответствии с генеральным планом города. Центральная площадь Ижевска занимает одну из самых высоких точек города, благодаря чему с этого места открывается панорамный вид на город. Площадь берёт

начало от республиканского дома правительства и заканчивается возле монумента «Дружба народов». За монументом начинается лестничный спуск, по которому можно добраться на набережную зодчего Дудина. Центральная площадь – одно из самых любимых мест отдыха горожан, поскольку она является частью длинного пешеходного маршрута от центральных улиц до набережной пруда. Используя принцип структуризации, на центральной площади Ижевска были созданы общественные пространства, подразумевающие высокую функциональную активность населения. Благодаря этому сформировались различные типы инфраструктуры. На площади располагается множество рекреационных зон, а самое настоящее место притяжения горожан – это светомузыкальный фонтан.

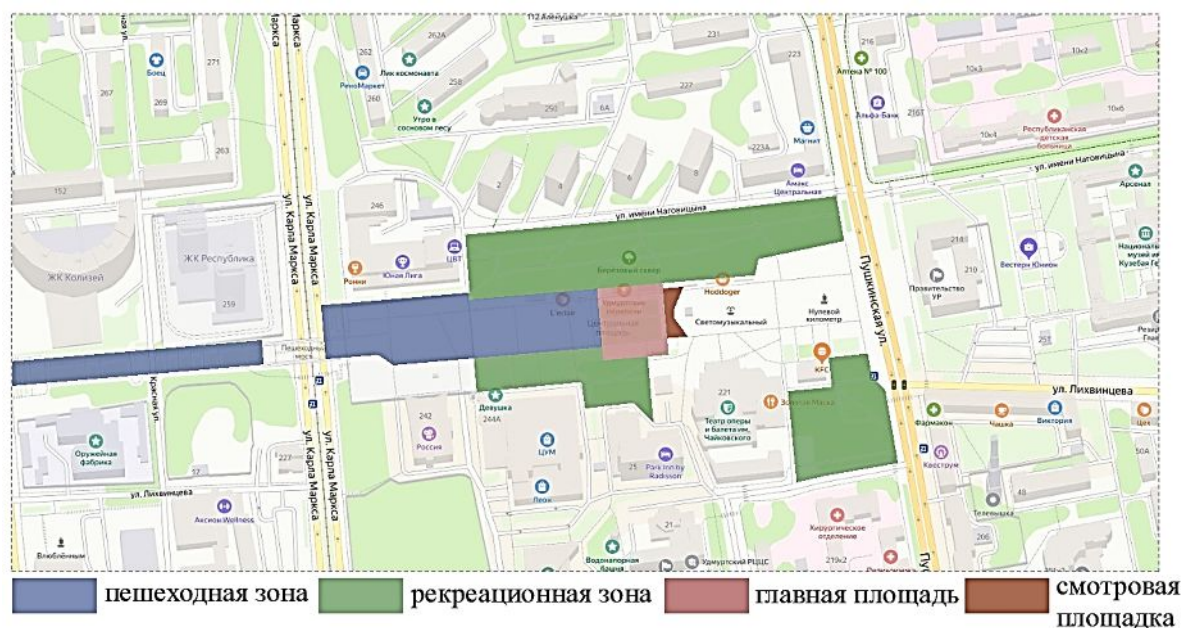


Рис. 3. Схема функционального зонирования центральной площади Ижевска

Оптимизация – это принцип проектирования, который основан на организации общественных пространств, учитывающих индивидуальные особенности каждого города. Принцип оптимизации опирается на планы и программы развития города, в результате чего происходит развитие поселений, улучшение качества жизни людей и формируются новые общественные пространства. Примером оптимизации служит парк Гайдара в Арзамасе.

Этот парк располагается в центре города на границе с территорией исторического поселения. Раньше на территории парка находились карьеры по добыче глины, из которой производили кирпичи. Об этом свидетельствует сложный рельеф территории с большими перепадами высот. Именно из этих кирпичей и был построен исто-

рический центр Арзамаса. Торжественное открытие парка состоялось в 1957 году, а через 2 года ему присвоили имя известного детского писателя Аркадия Гайдара. Территория парка включает в себя зелёную зону, небольшой пруд, детскую площадку, аттракционы, шахматный клуб, мемориальную зону и несколько памятников (рис. 4). Концепция парка Гайдара в Арзамасе была разработана с использованием принципа оптимизации, как связующее звено между историческим центром города и жилой периферией. Для реализации этой идеи были предложены архитектурные, функциональные и программные решения. Перед архитекторами в рамках благоустройства было поставлено несколько задач: изменить функциональное зонирование парка таким образом, чтобы оно соответствовало современным

требованиям; использовать нераскрытый потенциал территории и добавить новые функции; продумать транспортно-пешеходную сеть, планировку и новый визуальный стиль парка. Так же необходимо было создать условия для новых видов отдыха, жизни и творчества современных местных жителей, чтобы они чувствовали, что их

город ничем не уступает другим крупным городам. В итоге, благодаря оптимизации, получилось создать благоустройство, включающее в себя исторический и городской контекст и отражающее новый стилистический и функциональный образ Арзамаса.



Рис. 4. Функциональное зонирование парка Аркадия Гайдара в Арзамасе

Преемственность – это принцип, благодаря которому развиваются ценные градостроительные традиции. Преемственность сохраняет и использует историческое и культурное наследие в организации общественных пространств. В результате совершенствования общественных пространств, затрагивающих историко-культурную инфраструктуру, происходит развитие экономической сферы города.

Примером может служить проект преобразования главной площади Азатлык в Набережных Челнах – это совершенно новый взгляд на роль общественного городского пространства. До проведения реконструкции, площадь заполня-

лась людьми лишь пару раз в год – во время проведения крупных городских праздников, оставаясь при этом пустой в остальное время.

В ходе реставрации площади, с учетом принципа преемственности, пешеходная ось была перемещена от центра к краю, где уже росли плотно посаженные деревья: липы, красные клёны, голубые ели. В результате этого передвижение по площади стало защищенным от ветра и солнца и обрело связь с окружающей застройкой. На получившейся пешеходной зоне появились киоски, обзорные и игровые площадки, подиум. Площадь превратилась в увлекательное, динамичное общественное пространство с многофункциональной средой, учитывающей желания разных слоев и групп населения (рис. 5).

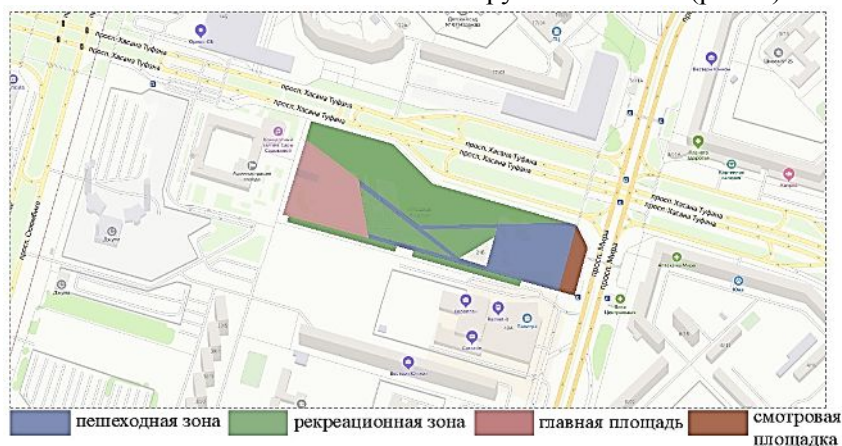


Рис. 5. Схема функционального зонирования площади Азатлык в Набережных Челнах

На освободившейся от циркуляции пешеходов центральной зоне появилась анфилада из

трех площадей, каждая из которых по-своему интересна. Площадь мероприятий – большое замощенное пространство для активной молодежи и

размещения временных рынков. Зеленая площадь – место для отдыха на траве среди больших цветочных композиций. Площадь культуры – пространство для выступления разнообразных коллективов и артистов под открытым небом. Таким образом, используя принцип преемственности, удалось создать общественное пространство, которое обеспечивает связь между разными частями города и помогает сохранить историко-культурное наследие.

Гармонизация – это принцип организации композиции общественного пространства, который учитывает систему архитектурно-ландшафтных ансамблей города. Используя принцип гармонизации, формируется особенный архитектурно-художественный образ города, генеральные планы наполняются новыми объемными, пространственными, архитектурными и художественными моделями. Ярким примером принципа гармонизации является парковый комплекс у подножия Мамаева кургана в Волгограде.

Не так давно в Волгограде, у подножия Мамаева кургана, завершилась масштабная реконструкция паркового комплекса. В результате этого, с использованием принципа гармонизации, была создана новая благоустроенная зона отдыха, которая рассчитана на людей из разных возрастных групп и учитывающая разнообразные интересы жителей и гостей региона (рис. 6). Сейчас этот парковый комплекс представляет собой самый крупный современный сквер областного центра.

Благодаря активному участию студентов-архитекторов в создании и реализации проекта, многое было сделано для детей и молодежи.

Реконструированная территория включает в себя спортивные зоны, множество зон отдыха, велодорожки, площадки для проведения массовых мероприятий. Развитие парка на этом не завершается, поскольку сейчас идет подготовка к следующему этапу работы над проектом, который связан с размещением в парке военной техники. С помощью принципа гармонизации, у подножия Мамаева кургана был разработан архитектурно-ландшафтный ансамбль, формирующий особый художественный образ Волгограда.

Заключение.

Ландшафтная архитектура имеет все более значимую роль в формировании городских общественных пространств. Озеленение городов должно быть продуманным, при этом необходимо учитывать интересы каждого человека и делать все для пользы общества. Архитекторам, градостроителям, урбанистам нужно всегда помнить о том, что пребывание в городской среде оказывает непосредственное влияние на жизнь и самочувствие человека.

В статье приведены основные системные принципы проектирования общественных городских пространств, которые нашли отражение в генеральных планах большинства городов России, благодаря чему сформирован индивидуальный и неповторимый облик каждого города.

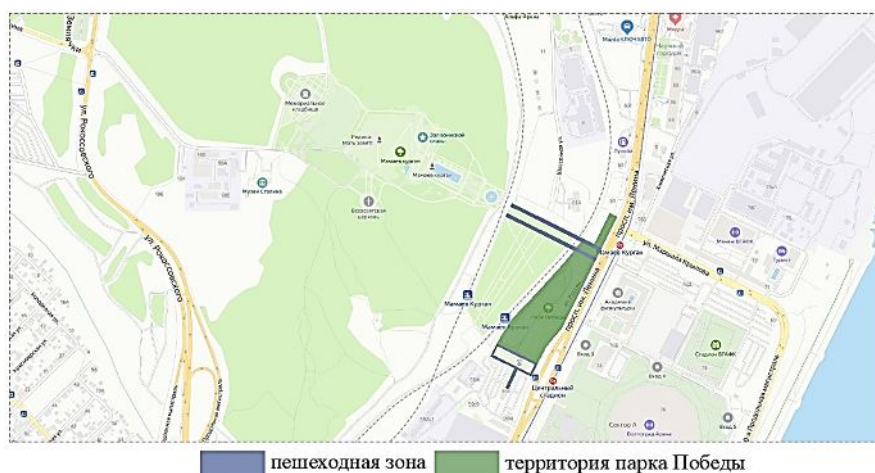


Рис. 6. Функциональное зонирование паркового комплекса у подножия Мамаева кургана в Волгограде

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пенькова М.В. Градостроительное развитие региональной системы расселения и её элементов: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры. Санкт-Петербург. 2019. 40 с.

2. Пенькова М.В., Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Пенькова А.Ю., Стойкович Н. Вариантное проектирование «зеленых» офисов для малого и среднего бизнеса на основе аддитивно-модульных технологий // Технологии аддитивного производства. Т. 1. С. 22–34.

3. Ярмош Т.С. Взаимодействие человека и городской жилой среды в социокультурном измерении: тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 22.00.06. Белгород. 2019. 188 с.
4. Шемарова В.С., Ярмош Т.С. Факторы формирования современной жилой среды. М.: Изд-во Интернаука, 2017. С. 6–10.
5. Ярмош Т.С. Жилище и человек // Управление городом: теория и практика. 2012. С. 125–126.
6. Афонина М.И. Основы городского озеленения. М.: Изд-во МГСУ, 2010. 208 с.
7. Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство: учебник для вузов. М.: Изд-во Стройиздат, 1974. 275 с.
8. Манжилевская С.Е. Экологический мониторинг экологической безопасности в зонах строительства, реконструкции и функционирования объектов // Строительные материалы и изделия. 2019. № 3. С. 78–84.
9. Аганина Н.С., Третьякова М.С. К вопросу о специфике русской проектности // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2011. № 1. С. 10–16.
10. Иконников А.В. Искусство, среда, время. Эстетическая организация городской среды. М.: Изд-во Стройиздат, 1985. 336 с.
11. Саваренская Т.Ф. История градостроительного искусства. М.: Изд-во Стройиздат, 1984. 376 с.
12. Семенов В.Н. Благоустройство городов. М.: Изд-во Едиториал УРСС, 2003. 232 с.
13. Яргина З.Н., Косицкий Я.В., Владимиров В.В. Основы теории градостроительства: учебник для вузов. Специальность «Архитектура». М.: Изд-во Стройиздат, 1986. 327 с.
14. Brouwers H.J.H., Radix H.J. Self-Compacting Concrete: Theoretical and experimental study. Cement and Concrete Research. 2005. Vol. 35. Pp. 2116–2136.
15. Ярмош Т.С., Иванилова Е.И. Формирование системы озеленения территорий города, как средство улучшения качества жизни городского населения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 12. С. 109–112.

Информация об авторах

Ярмош Татьяна Станиславовна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: grand-tanya@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бабаева Мария Андреевна, студент-бакалавр кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: maria.babayeva@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 29.10.2020 г.

© Ярмош Т.С., Бабаева М.А., 2020

Yarmosh T.S., *Babayeva M.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: maria.babayeva@yandex.ru*

ROLE OF LANDSCAPE ARCHITECTURE IN THE FORMATION OF PUBLIC SPACES OF A MODERN CITY

Abstract. *Public spaces are urban environments that local residents can use at any time. Public spaces include such districts and parts of the city in which the main part of people's lives is concentrated: squares, recreational areas, squares, parks, sports grounds, streets, boulevards and coastal areas. The article examines the role of landscape architecture in the process of forming public spaces, characterizes the features and basic principles of designing public areas: interaction with the environment, structuring, optimization, continuity and harmonization. As a result of the work on the article, the rich theoretical and practical experience of domestic urban planning is analyzed and summarized. On the example of several cities, the experience of reconstruction and design of public spaces is analyzed, priority directions in the development of projects for the improvement of the territory are identified. This problem is relevant in modern landscape architecture, since now in many cities there is a need to create and equip recreational zones in the urban environment. In the near future, an innovative and strategic approach will be developed in the design of public spaces in Russian cities, combining art, science and technology in landscape design. The design principles listed in the article are reflected in the master plans of most cities in Russia, due to which the individual and unique appearance of each city is formed.*

Keywords: *public space of the city, landscape architecture, design features, an innovative approach to design, modern urban environment.*

REFERENCES

1. Perkova M.V. Urban development of the regional settlement system and its elements: dissertation abstract for the degree of Doctor of Architecture [Gradostroitel'noe razvitiye regional'noj sistemy rasseleniya i eyo elementov: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni doktora arhitektury]. St. Petersburg. 2019. 40 p. (rus)
2. Perkova MV, Drebezgova M.Yu., Chernysheva NV, Perkova A.Yu., Stoykovich N. Variant design of "green" offices for small and medium-sized businesses based on additive-modular technologies [Variantnoe proektirovaniye «zelenyh» ofisov dlya malogo i srednego biznesa na osnove additivno-modul'nyh tekhnologij]. Additive manufacturing technologies. Vol. 1. Pp. 22–34. (rus)
3. Yarmosh T.S. The interaction of a person and an urban living environment in the socio-cultural dimension: the topic of the dissertation and the abstract of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation 22.00.06. [Vzaimodejstvie cheloveka i gorodskoj zhiloy sredy v sociokul'turnom izmerenii: tema dissertatsii i avtoreferata po VAK RF 22.00.06.]. Belgorod. 2019. 188 p. (rus)
4. Shemarova V.S., Yarmosh T.S. Factors in the formation of a modern living environment [Faktory formirovaniya sovremennoj zhiloy sredy]. Publishing house Internauka, 2017. Pp. 6–10. (rus)
5. Yarmosh T.S. Housing and people [ZHilishche i chelovek]. City management: theory and practice. 2012. Pp. 125–126. (rus)
6. Afonina M.I. The basics of urban gardening [Osnovy gorodskogo ozeleneniya]. MGSU Publishing House. 2010. 208 p. (rus)
7. Luntz L.B. Urban green building: a textbook for universities [Gorodskoe zelenoe stroitel'stvo: uchebnik dlya vuzov]. Moscow: Publishing house Stroyizdat. 1974. 275 p. (rus)
8. Manzhilevskaya S.E. Environmental monitoring of environmental safety in the areas of construction, reconstruction and operation of facilities [Ekologicheskij monitoring ekologicheskoy bezopasnosti v zonah stroitel'stva, rekonstrukcii i funkcionirovaniya ob"ektov]. Building materials and products. 2019. No. 3. Pp. 78–84. (rus)
9. Aganina N.S., Tretyakova M.S. On the issue of the specifics of Russian design [K voprosu o specifike russkoj proektnosti]. Technical aesthetics and design research. 2011. No. 1. Pp. 10–16. (rus)
10. Ikonnikov A.V. Art, Wednesday, Time. Aesthetic organization of the urban environment [Iskusstvo, sreda, vremya. Esteticheskaya organizatsiya gorodskoj sredy]. Moscow: Publishing house Stroyizdat. 1985. 336 p. (rus)
11. Savarenskaya T.F. History of urban planning art [Istoriya gradostroitel'nogo iskusstva]. Moscow: Publishing house Stroyizdat. 1984. 376 p. (rus)
12. Semenov V.N. Improvement of cities [Blagoustrojstvo gorodov]. Moscow: Publishing house of Editorial URSS. 2003. 232 p. (rus)
13. Yargina Z.N., Kositskiy Ya.V., Vladimirov V.V. Foundations of the theory of urban planning: a textbook for universities. Specialty "Architecture" [Osnovy teorii gradostroitel'stva: uchebnik dlya vuzov. Special'nost' «Arhitektura»]. Moscow: Publishing house Stroyizdat. 1986. 327 p. (rus)
14. Brouwers H.J.H., Radix H.J. Self-Compacting Concrete: Theoretical and experimental study. Cement and Concrete Research. 2005. Vol. 35. Pp. 2116–2136
15. Yarmosh T.S., Ivanilova E.I. Formation of a greening system for city territories as a means of improving the quality of life of the urban population [Formirovaniye sistemy ozeleneniya territorij goroda, kak sredstvo uluchsheniya kachestva zhizni gorodskogo naseleniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 12. Pp. 109–112. (rus)

Information about the authors

Yarmosh, Tatiana S. PhD. E-mail: grand-tanya@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Babaeva, Maria A. Bachelor student. E-mail: maria.babayeva @yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 29.10.2020

Для цитирования:

Ярмош Т.С., Бабаева М.А. Роль ландшафтной архитектуры в формировании общественных пространств современного города // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 102–109. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-102-109

For citation:

Yarmosh T.S., Babaeva M.A. Role of landscape architecture in the formation of public spaces of a modern city. 2020. No. 12. Pp. 102–109. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-102-109

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-110-118

Хербез В.

Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет

E-mail: v.herbez@yahoo.com

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ТУРИСТОВ НА ТЕРРИТОРИИ СКАДАРСКОГО ОЗЕРА В ЧЕРНОГОРИИ

Аннотация. Скадарское озеро, расположенное в Черногории представляет собой ценный природный ресурс, объединяющий благоприятный климат, уникальную флору и фауну, а также многочисленные культурно-исторические памятники находящиеся по всему бассейну Скадарского озера. Отличное географическое положение и богатое историческое наследие являются превосходными данными для дальнейшего культурно-образовательного и туристско-рекреационного развития Скадарского озера. Существующим размещением для туристов являются частные дома которые удовлетворяли потребностям туристов на протяжении многих лет, но для будущего развития нужно введение новых типов размещения. Исследования, которые проводились в Черногории на протяжении десяти лет свидетельствуют о постоянном росте числа посетителей в заповеднике Скадарское озеро, а также о возможных экологических угрозах, вызванных отсутствием соответствующей инфраструктуры и благоустройства. Следует что, хорошо продуманное размещение туристов на территории Скадарского озера является одним из важнейших приоритетов в стратегии будущего развития Скадарского озера. В данной статье проводится анализ существующих типов размещения для туристов на Скадарском озере с целью определения основных принципов в соответствии с которыми должны развиваться новые типы размещения для туристов.

Ключевые слова: экотуризм, глэмпинг, малые архитектурные объекты, мобильные дома, креативное размещение

Введение. Скадарское озеро является самым большим озером на Балканском полуострове. Оно представляет собой криптодепрессию, глубина которой составляет 4–6 м с так называемыми «глазами» глубиной до 60 м. Две третьих озера принадлежат Черногории, одна треть Албании. Скадарское озеро находится в 20 км от столицы Черногории, г. Подгорица. Территория Скадарского озера принадлежит трем муниципалитетам: Подгорица, Цетинье и Бар. На территории Скадарского озера существуют небольшие поселки. За последние несколько лет число постоянно проживающих на территории Скадарского озера значительно уменьшилось так как жители переезжают жить в соседние города. Пока местного населения становится меньше, иностранных посетителей становится все больше. Уникальный растительный и животный мир на территории Скадарского озера в сочетании с богатым культурно-историческим наследием привлекают посетителей из всего мира.

Объект и задачи исследования. Объектом исследования являются существующие типы размещения туристов на Скадарском озере, а также мировые примеры глэмпинга. Задачами исследования являются: анализ и систематизирование типов размещения туристов на Скадарском озере и поиск новых объемно-планировочных решений для развития глэмпинга на Скадарском озере.

Материалы и методы. В качестве методов исследования были использованы анализ, изуче-

ние и классификация. Проанализированы научные труды на тему экологического туризма и глэмпинга, а также обозначена степень изученности проблемы размещения туристов на территории Скадарского озера. Новизна статьи состоит в изучении применения глэмпинга и малых архитектурных объектов на Скадарском озере, а также в определении принципов развития малых архитектурных объектов как нового типа размещения для туристов на Скадарском озере. Данная тема является недостаточно изученной областью. Научные разработки по глэмпингу как виду креативного размещения в Хорватии велись Цвелич-Бонифачич Й. (Cvelic-Bonifacic J.). В Черногории подобные научные разработки не велись. Темой экотуризма занимался Кларк Р. (R. Clarke). Теоретическими исследованиями в области проектирования в особо ценных заповедниках и развитии экотуризма занимались Л.О. Богданова и Е.В. Фролова.

В 21 веке сложилась тенденция развития осознанного и ответственного отношения туристов к природной среде, а также поиск новых видов туристического отдыха с целью получения новых впечатлений [1]. Отсутствие экспериментальных разработок и научной базы по КОиОРК (курортно-оздоровительный и образовательно-рекреационный комплекс) в экологических поселениях – одна из причин нерационального природопользования, сложностей освоения территории для экологических поселений, проблем сложив-

шейся системы расселения, отставания в экономическом развитии малого и среднего бизнеса [2]. Изученный материал показал, что экотуризм, появился в ответ на изменения в модели поведения туристов [3] и представляет особую форму устойчивого туризма [4]. Экологический туризм это персонализированный туризм [5]. А также, это устойчивый и спокойный вид природного туризма, который делает упор на изучение природы и ее ресурсов, тем самым способствуя ее сохранению [6, 7]. Примером могут служить национальные парки, посещаемые сотнями посетителей, где одновременно сочетаются массовость и природный туризм [8].

Для того чтобы быть конкурентоспособными на взыскательном туристическом рынке, по всей Европе постоянно идет поиск новых креативных типов размещения, которые не зависели бы от погодных условий и помогли бы смягчить влияние сезонности на развитие туристской индустрии [9]. Новые сегменты туристического рынка можно привлечь с помощью инновационных типов жилья с акцентом на экологию, здоровье, приключения и новые впечатления [9].

Одной из стратегией развития экотуризма является глэмпинг. Данная стратегия сочетает в себе полное погружение в природу и уважение к окружающей среде. Глэмпинг (сочетание слов «гламур» и «кемпинг») определяется как тип кемпинга, более удобный чем традиционный кемпинг [10]. Тенденция к размещению в глэмпинге также влияет на развитие так называемой мобильной архитектуры, которая призвана гарантировать прием большого числа посетителей при минимизации воздействия на окружающую среду за счет использования гибких и подвижных конструкций [11].

Появление новых экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, устройств и технологий в области эко-инженерии, позволяют проектировать и создавать глэмпинг-отели и базы на территориях охраняемой природы, территории и акватории национальных парков, в том числе [12]. Для минимального воздействия на окружающую среду следует применять архитектурные объекты из облегченных оболочек, переплетенного углеродного волокна, мембраны из фторопласта, из измельченных раковин моллюсков, кирпичей из микроорганизмов и биоцемента и т.д. [13].

Глэмпинг предполагает многонаправленность в организации туризма [14]. Формат поселения и связанные с ним представления о жизни людей в лагере могут быть разными, включая традиционные дома и общежития и нетрадиционные формы, отвечающие этническим, футуристическим или фантастическим запросам туристов

(колокольни, капсулы, сафариты, палатки, домики на деревьях, эпи, старинные караваны, старинные трейлеры и юрты) [15]. В зависимости от тематики глэмпинга меняется форма жилища. Это может быть: палатка, роскошный шатер, хижина, домик на дереве, плавучий дом на плоту, юрта, вигвам, иглу, типи, пещера, дом на колесах, дом необычной формы и т.д. [16]. Туристам особенно интересны домики по мотивам сказки или фильма [17]. Яркими примерами глэмпинга в России являются: «Прогулка по городу» в Тульской области, «Лес и море» под Москвой, «LearRus» в Кабардино-Балкарии, «Мишкина сказка» в Карелии и «Парк Чепош» на Алтае [18].

Основная характеристика сельских поселений на территории Скадарского озера представляет собой компактный тип поселка, который состоит из отдельно стоящих домов, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга или групп домов, объединенных в жилые комплексы [19]. Некоторыми из возможных туристических активностей на Скадарском озере являются: культурно-просветительские мероприятия, исследования, образование, спорт, рыбалка, экскурсии, мероприятия развлекательного и этнографического характера, а также разные виды туризма: оздоровительный, аграрный, религиозный, познавательный, рекреационный и др. [20]. Применение новых архитектурно-планировочных решений сможет раскрыть потенциал Скадарского озера и подчеркнуть подлинно сохранившиеся объекты традиционной архитектуры, дома и деревни, созданные в единстве природных условий и хозяйственной деятельности [19].

Результаты исследования. Анализ существующего состояния туристической инфраструктуры на территории Скадарского озера выявил необходимость совершенствования количества и качества курортного фонда для размещения туристов. Для этого необходимо введение новых типов размещения на территории Скадарского озера, разработанных на принципах устойчивости, разнообразия, гармонии с окружающей средой и сохранения природы. Анализ научных трудов показал, что малые архитектурные объекты являются лучшим способом приближения человека к природе.

Скадарское озеро является нераскрытым туристическим и культурным потенциалом Черногории. Ресурсы, которыми обладает озеро не только природные, но также и культурные и исторические (рис. 1). На Скадарском озере можно заниматься разными видами туристической деятельности, производством вина, фруктов, пчеловодством, лечебными травами, скотоводством, рыбалкой, посещать церкви и монастыри, кататься на лошадях, заниматься разными видами

спорта и т.д. Выделены места для развития упомянутых активностей (рис. 2).



Рис. 1 Исторически важные места

Источник: Google maps

Основными проблемами в зоне Скадарского озера являются: отсутствие экологического регулирования и вследствие этого деградация природного ландшафта, сокращение традиционной хозяйственной деятельности, недостаточное развитие объектов инфраструктуры, сложная экономическая ситуация в регионе, нереализованные природные и человеческие ресурсы.

Озеро занимает огромную территорию развитие которой следует направить на экотуризм. Для развития экотуризма необходимо участие местного населения, а также и посетителей. Нужно создать устойчивую связь и замкнутый цикл между людьми и природой, которые будут включать новые впечатления и заботу об окружающей среде. На территории Скадарского озера могут развиваться разные виды туризма (табл. 1).

Таблица 1

Виды туризма который могут развиваться на Скадарском озере

Рекреационный	Сельско-хозяйственный
Экскурсионный	Верский
Спортивный	Кратковременный /Викенд/

Источник: [mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%20%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](http://mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%20%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf)

На территории Скадарского озера существует несколько видов размещения для туристов: гостиницы, апартаменты и бунгало (табл. 2). В настоящее время самый распространенный тип размещения на Скадарском озере это апартаменты и аренда комнат в частных домах. Общая вместимость туристов 200.



Рис. 2 Обозначены места для глэмпинга

Источник: Google map

Таблица 2

Виды размещения на Скадарском озере

Вид размещения	Гостиницы	Апартаменты	Глэмпинг - бунгалов
Количество	2	20	2

Источник:

[mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%20%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](http://mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%20%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf)

Количество посетителей растет из года в год, но существующее размещение для туристов не обустроено и не оборудовано на должном уровне. В 2019 г. замечен значительный рост количества туристов (рис. 3).

По заказу Министерства устойчивого развития и туризма Черногории в 2018 г. проведено исследование на территории Скадарского озера в котором приняло участие 415 человек. Из опрошенных 90 % проживает на территории Скадарского озера. Результаты исследования показали, что 32 % опрошенных не занимается сельским хозяйством, 44 % занимается сельским хозяйством, 17 % рыбалкой, 3 % туристической деятельностью, 2 % виноделием и 2 % скотоводством (рис. 4).

Также, 52 % опрошенных выразило недовольство общественной жизнью в поселках, 79 % считает, что защита природы на плохом уровне, 93 % считает, что люди недостаточно знают о потенциалах Скадарского озера, 86% считает что туристическую деятельность возможно осуществлять как летом, так и зимой. Результаты исследования по деятельности которые местное население считает приоритетными показали что: 26 % считает что сельское хозяйство должно быть основной деятельностью на территории Скадарского озера, 19 % охота и рыбалка, 52 % туризм и 3 % скотоводство (рис. 5).



Рис. 3. Изменение количества посетителей в период 2010–2019 г.

Источник: [mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf)

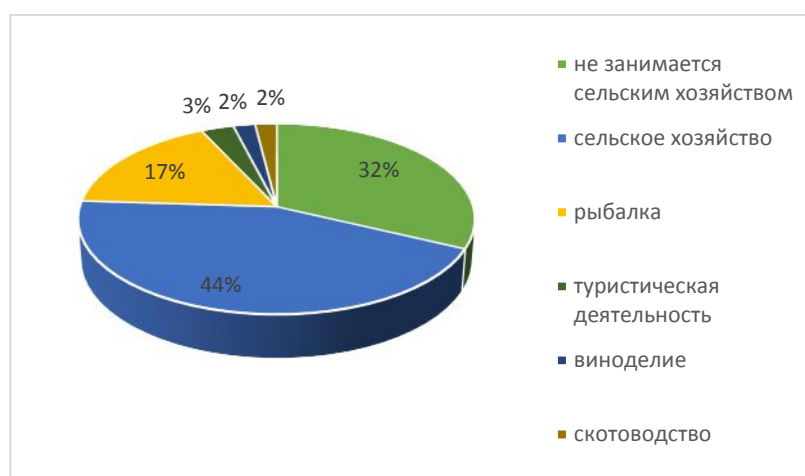


Рис. 4. Результаты опроса по деятельности которыми занимается местное население на Скадарском озере

Источник: [mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf)

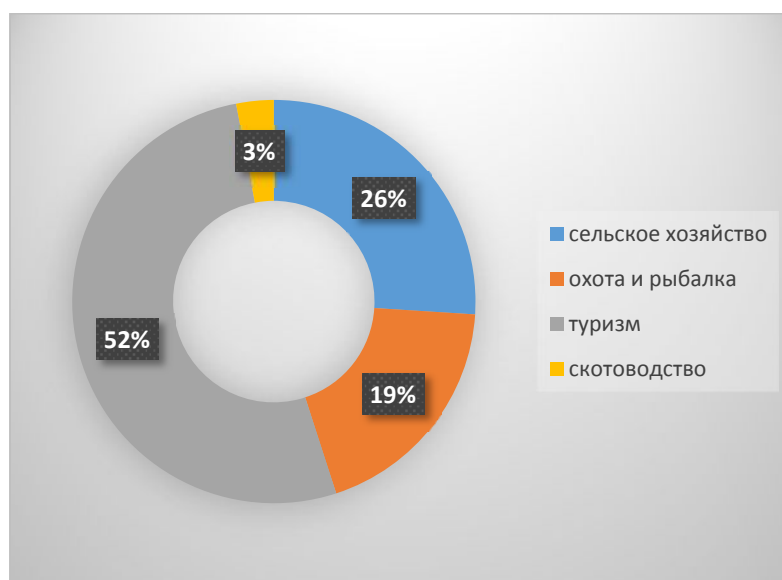


Рис. 5. Результаты опроса по деятельности, которые местное население считает самыми важными на Скадарском озере

Источник: [mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf)

На вопрос о типах размещения 14 % опрошенных ответило, что нужно вкладывать в разви-

тие гостиниц, 27 % эко-деревни, 30 % этно поселки, 18% частное жилье и 11 % свайное жилище (рис. 6).

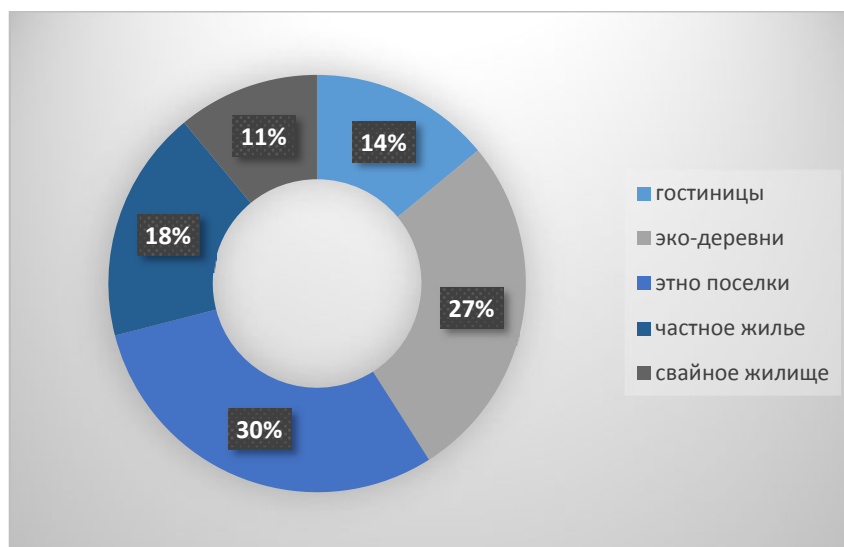


Рис.6 Результаты опроса по типам размещения на Скадарском озере, в которое надо вкладывать по мнению местного населения

Источник: [mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](mrt.gov.me.file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf)

Из опрошенных 13 % заинтересовано работать в существующих туристических объектах, 16 % в новых, 23 % в ресторанах и 48 % в организации экскурсий по озеру. Также опрошенные высказали недовольство управлением национальным парком, заботой о природе и архитектурном наследии. Опрос среды местных жителей Скадарского озера показал, что их основными проблемами являются: сезонный характер туристической деятельности, молодежь которая переезжает жить в большие города, нехватка рабочей силы и уничтожение природных ресурсов.

В данной статье предлагается глэмпинг как решение большинства существующих проблем

на Скадарском озере. Таким образом через малые архитектурные объекты можно создать устойчивую связь между местным населением и посетителями общими целями которых будет сохранение природы. Малые архитектурные объекты на Скадарском озере могут быть организованы в тематические кластеры (рис. 7), в зависимости от данной местности и ее потенциалов. Таким образом, посетитель будет погружен в природную среду, сможет познакомиться поближе с жизнью местного населения, а также принять участие в ней.



Рис. 7. Тематические кластеры для Скадарского озера

Сравнением примеров мирового опыта в сфере архитектурно-планировочных решений для системы кластеров сделаны выводы, что их главными характеристиками являются: легкие конструкции, заводские изготовленные, использование местных ресурсов и пассивное охлаждение.

Выполненный анализ подтвердил, что модульная система малых архитектурных объектов является подходящей для развития устойчивых архитектурных кластеров. Преимуществами данной системы являются: скорость производства, точность проектирования, снижение эксплуатационных и логистических затрат, энергоэффективность, сейсмостойкость, огнестойкость и шумостойкость, устойчивость к порывам ветра и независимость от погодных условий, короткие сроки поставки и быстрое исполнение.

Выводы. Корни растущего интереса к экотуризму лежат главным образом в появлении движения альтернативного туризма как реакции на растущее внимание к негативным последствиям традиционного массового туризма. Данный вид туризма подразумевает активное время проведения человека в природной среде, не только с использованием рекреационных и познавательных возможностей, но и учитывая их сохранение.

Результатом экологического подхода к туризму является глэмпинг. Уникальность глэмпинга состоит в том, что используя малые архитектурные объекты и минимальные затраты, создается прямая связь между человеком и природой в местах недоступных для капитального строительства.

Как уже отмечено, основными факторами, влияющими на развитие Скадарского озера, являются природные условия и историко-культурные предпосылки. Развитие экотуризма на Скадарском озере может способствовать возрождению культурных ценностей, охране и восстановлению исторического наследия, а также улучшить экономическое положение местных жителей, предоставляющих туристические услуги.

Для устойчивого развития Скадарского озера и использования его потенциалов необходим стратегический и системный подход. Нужно рассматривать озеро как единое целое и создать уникальную модель развития которая, в рамках экотуризма и в соответствии с принципами устойчивого развития, принесет пользу как природе так и посетителю. Поэтому для будущего экологического и туристического развития Скадарского озера предлагается глэмпинг и система малых архитектурных объектов. Глэмпинг на Скадарском озере может осуществляться через малые, мобильные, модульные архитектурные

объекты, сгруппированные в тематические кластеры. Главные принципы формирования малых архитектурных объектов как нового типа размещения для туристов: сохранение и улучшение состояния природы, создание замкнутой и устойчивой системы архитектурных кластеров, а также создание уникального туристического предложения. Новые объемно-планировочные решения для туристов должны гармонично вписываться в природу не нарушая ее, а также должны создать уникальную атмосферу и максимальный комфорт с минимальными затратами.

Таким образом, глэмпинг как новый и креативный вид размещения напрямую будет связан с развитием и улучшением уже существующих деятельности на Скадарском озере. В результате новой стратегии будет развиваться экологический туризм на Скадарском озере, способствующий улучшению состояния природы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sharpley R. The consumption of tourism // *Journal of Ecotourism*. 2006. Pp. 7–22.
2. Балакина А.Е., Дуничкин И.В., Кочанов О.А., Золотарев А.А. Экологически ориентированные курортно-оздоровительные и образовательно-рекреационные комплексы // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. № 9. С. 30–32.
3. Миркин Б.М. Туризм и охрана природы: компромисс возможен // *Экология и жизнь*. 2009. №2. С. 29–32.
4. Clarke J. A synthesis of activity towards the implementation of sustainable tourism: Ecotourism in a different context // *International Journal of Sustainable Development*. 2002. №5 (3). Pp. 232–250.
5. Кипер Т. Роль экотуризма в устойчивом развитии // *Достижения в Ландшафтной архитектуре*. 2013. № 6. С. 8–16.
6. Engama B. Camping as a form of nature tourism. Case Study: Svanen // *Joutsen Camping*. Thesis of degree programme in tourism. Sweden: Centria University of applied sciences, 2013. 51 p.
7. Fennell D.A. What's in a name? Conceptualizing natural resource based // *Tourism Recreation Research*. 2000. №1 (25). Pp. 97–100.
8. Hall C.M., Muller D.K., Saarinen J. Nordic Tourism Issues and Cases. Nature based tourism in Nordic Wilderness. Bristol: Channel View Publications. History of Camping. 2012. 320 p. Available: http://www.talkcamping.co.uk/guides/history_of_camping.html. Дата обращения: 20.10.20.
9. Cvelic-Bonifacic J., Milohnic I., Cerovic Z. Glamping - Creative accommodation in camping resorts: insights and opportunities // *Conference: Tourism in Southern and Eastern Europe 2017: Tourism*

and Creative Industries: Trends and Challenges. 2017. Pp. 101–114. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/321131206_glamping_-_creative_accommodation_in_camping_resorts_insights_and_opportunities. Дата обращения: 21.09.20.

10. Kurlito M. Sustainable Management of Lakes taking into consideration the Tourism and Nature Conservation in Australian and New Zeland // Polish Journal of Natural Science. 2013. № 28(1). Pp. 91–106. Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/53110131.pdf>. Дата обращения: 24.09.20.

11. Rucivero M. Camping and Open-Air Tourism: An Opportunity for Sustainable Tourism in Coastal Areas. Conference of the International Forum on Urbanism. "6th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU): TOURBANISM Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelonatech. 2019. Pp. 1–9.

12. Субботин А.С., Достовалова А.Е., Смирнова В.А. Возможность применения строительно-технологических решений по реализации инфраструктурных объектов на территории национальных парков и заповедников // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. №2. С. 90–96.

13. Витюк Е.Ю., Уморина Ж.Е. Природные технологии как новый принцип формообразования в архитектуре // Вестник Томского Государственного Архитектурно-Строительного Университета. 2018. № 4. С. 55–64. Режим доступа: <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/452/467>. Дата обращения: 26.10.20.

14. Menshikov P.V., Kuznetsova N.V., Korobchenko A.I., Golubchikov G.M., Arpentieva M.R. Psychological and pedagogical aspects of glamping: Tourism as a practice for personal development. Service and Tourism: Current Challenges,

2020. №14 (2). Pp. 38–49. doi: 10.24411/1995-0411-2020-10204.

15. Дедок В.М. Современное состояние и перспективы развития глэмпинга в мировой индустрии гостеприимства // Современные тенденции развития международного туризма в мире и Республике Беларусь в условиях глобализации: Мат. междунар. науч.-практ. конф. Мн.: Белорусский гос. ун-т, 2018. С. 32–38.

16. Воронников А.М., Гасанова С.Ф., Стоцкий А.И. Глэмпинг как формат развития экологического туризма на особо охраняемых природных территориях в арктической зоне Российской Федерации // Журнал исследований по управлению. 2019. №1. С. 3–10.

17. Лебедева Т.Е., Прохорова М.П., Кузьмина Н.М. Глэмпинг: мировой опыт, перспективы развития в России // Московский экономический журнал. 2020. №4. Pp. 38–49. <https://cyberleninka.ru/article/n/glemping-mirovoy-opyt-perspektivy-razvitiya-v-rossii>. Дата обращения: 25.10.2020.

18. Титов К.П. Перспективы развития глэмпинга в России // Экономика и социум. 2017. №9 (40). С. 357–359.

19. Бабич П., Вуксанович К. Пространственный план специального назначения, национальный парк Скадарское озеро. Книга 2 // Институт урбанизма и проектирования по заказу Министерства устойчивого развития и туризма Черногории. 2018. С. 281. Режим доступа: [file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf). Дата обращения: 25.10.20.

20. Вуксанович Д., Попович С. Архитектурный атлас Черногории // Республика Черногория, Министерство экономического развития, по заказу Технического сотрудничества Германии. 2006. 36 с.

Информация об авторах

Веленка Хербез, магистр архитектуры, аспирант. E-mail: v.herbez@yahoo.com. Московский государственный строительный университет. 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Поступила 31.10.2020 г.

© Хербез В., 2020

Herbez V.

Moscow State University of Civil Engineering

E-mail: v.herbez@yahoo.com

PRINCIPLES FOR FORMING NEW TYPES OF ACCOMMODATION FOR TOURISTS ON THE TERRITORY OF LAKE SKADAR IN MONTENEGRO

Abstract. Skadar Lake, located in Montenegro, is a valuable natural resource that combines a favorable climate, unique flora and fauna, as well as numerous cultural and historical monuments located throughout the basin of Lake Skadar. The geographical position and rich historical heritage are excellent background for

the further cultural, educational and tourist-recreational development of Lake Skadar. Currently, the accommodation for tourists is private houses that have met the needs of tourists for many years, but for future development, new types of accommodation are needed. Studies that have been carried out in Montenegro for ten years indicate a constant increase in the number of visitors to the Skadar Lake reserve, as well as possible environmental threats caused by the lack of appropriate infrastructure and improvement. It follows that the thoughtful accommodation of tourists on the territory of Lake Skadar is one of the most important priorities in the strategy for the future development of Lake Skadar. This article analyzes the existing types of accommodation for tourists on Lake Skadar in order to determine the basic principles in accordance with which new types of accommodation for tourists should be developed.

Keywords: *ecotourism, glamping, small architectural objects, mobile homes, creative placement*

REFERENCES

1. Sharpley R. The consumption of tourism. *Journal of Ecotourism*. 2006. Pp. 7–22.
2. Balakina A.E., Dunichkin I.V., Kochanov O.A., Zolotarev A.A. Environmentally oriented health resort and educational and recreational complexes [Ekologicheski oriyentirovannyye kurortno-ozdorovitel'nyye i obrazovatel'no-rekreatsionnyye komplekсы]: Industrial and Civil Engineering Magazine. 2011. No.9. Pp. 30–32. (rus)
3. Mirkin B.M. Tourism and nature conservation: compromise possible [Turizm i okhrana prirody: kompromiss vozmozhn]. Moscow: Ecology and life. 2009. No. 2. Pp. 29–32. (rus)
4. Clarke J. A synthesis of activity towards the implementation of sustainable tourism: Ecotourism in a different context. *International Journal of Sustainable Development*. 2002. No. 5 (3). Pp. 232–250.
5. Keeper T. The role of ecotourism in sustainable development [Rol ekoturizma v ustoychivom razvitii]. Kazakhstan: Edition by Murat Ozyavuz. 2013. Pp. 8–16. (rus)
6. Engama B. Camping as a form of nature tourism. Case Study: Svanen. Centria University of applied sciences. 2013. 51 p.
7. Fennell D.A. What's in a name. Conceptualizing natural resource based: *Tourism Recreation Research*. 2000. No. 1 (25). Pp. 97–100.
8. Hall C.M., Muller D.K., Saarinen J. Nordic Tourism Issues and Cases. Nature based tourism in Nordic Wilderness. Bristol: Channel View Publications. History of Camping. 2012. 320 p. Available: http://www.talkcamping.co.uk/guides/history_of_camping.html. (Date of the application: 20.10.20).
9. Cvelic-Bonifacic J., Milohnic I., Cerovic Z. Glamping - Creative accommodation in camping resorts: insights and opportunities [Glemping - Kreativnoe razmeshchenie v kempingakh: idei i vozmozhnosti]. Conference: Tourism in Southern and Eastern Europe 2017: Tourism and Creative Industries: Trends and Challenges. 2017. Pp. 101–114. https://www.researchgate.net/publication/321131206_glamping_-_creative_accommodation_in_camping_resorts_insights_and_opportunities. Accessed: 21.09.20.
10. Kurlito M. Sustainable Management of Lakes taking into consideration the Tourism and Nature Conservation in Australian and New Zeland. *Polish Journal of Natural Science*. 2013. No. 28(1). Pp. 91–106. <https://core.ac.uk/download/pdf/53110131.pdf>. Accessed: 24.09.20.
11. Rucivero M. Camping and Open-Air Tourism: An Opportunity for Sustainable Tourism in Coastal Areas. Barcelona: Univesitat politecnica de Catalunya. 2019. Pp. 1–9.
12. Subbotin A.S., Dostovalova A.E., Smirnova V.A. The possibility of using construction and technological solutions for the implementation of infrastructure facilities on the territory of national parks and reserves [Vozmozhnost primeneniya stroitelno-tekhnologicheskikhresheniy po realizatsii infrastrukturykh obektov na territorii natsionalnykh parkov i zapovednikov]. Moscow: Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology. 2020. No 2. Pp. 90–96. (rus)
13. Vityuk E.Yu., Umorina Zh.E. Natural technologies as a new principle of shaping in architecture [Prirodnye tekhnologii kak novyy printsip formoobrazovaniya v arkhitekture]. Tomsk: Bulletin of Tomsk State Architectural and Construction University. 2018. No. 4. Pp. 55–64. <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/452/467>. Accessed: 26.10.20. (rus)
14. Menshikov P.V., Kuznetsova N.V., Korobchenko A.I., Golubchikov G.M., Arpentieva M.R. Psychological and pedagogical aspects of glamping: Tourism as a practice for personal development. *Service and Tourism: Current Challenges*. 2020. No. 14 (2). Pp.38–49.
15. Dedok V.M. Current state and prospects of glamping development in the global hospitality industry [Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya glempinga v mirovoy industrii gostepriimstva]. Minsk: Mat. Int. scientific-practical conf. Minsk: Belarusian state. Un-t, 2018. Pp. 32–38. (rus)
16. Vorotnikov A.M., Hasanova S.F., Stotsky A.I. Glamping as a format for the development of

ecological tourism in specially protected natural areas in the Arctic zone of the Russian Federation [Glemping kak format razvitiya ekologicheskogo turizma naosobo okhranyaemykh prirodnikh territoriyakh v arkticheskoy zone Rossiyskoy Federatsii]. Moscow: Management Research Journal. 2019. No. 1. Pp. 3–10. (rus)

17. Lebedeva T.E., Prokhorova M.P., Kuzmina N.M. Glamping: global experience, development prospects in Russia [Glemping: mirovoy opyt. perspektivy razvitiya v Rossii]. Moscow: Moscow Economic Journal. 2020. No. 4. Pp. 38–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/glemping-mirovoy-opyt-perspektivy-razvitiya-v-rossii>. Accessed: 25.10.2020. (rus)

18. Titov K.P. Prospects for the development of glamping in Russia [Perspektivy razvitiya glempinga

v Rossii]. Moscow: Economy and society. 2017. No. 9 (40). Pp. 357–359. (rus)

19. Babich P., Vuksanovich K. Special purpose spatial plan, Skadar Lake National Park. Book 2 [Prostranstvennyy plan spetsialnogo naznacheniya. natsionalnyy park Skadarskoe ozero. Kniga 2]. Podgorica: Institute of Urbanism and Design commissioned by the Ministry of Sustainable Development and Tourism of Montenegro. 2018. Pp. 281. URL: [file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/KNJIGA%202%20-%20ANALITICKI%20DIO%20(3).pdf). Accessed: 25.10.20. (rus)

20. Vuksanovich D., Popovich S. Architectural Atlas of Montenegro [Arhitekturny atlas CHernogorii]. Podgorica: Ministry of Economic Development, commissioned by the Technical Cooperation of Germany. 2006. 36 p. (rus)

Information about the authors

Herbez Vlenka, Master of Architecture, Postgraduate Student. E-mail: v.herbez@yahoo.com. Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslav highway. 26

Received 31.10.2020

Для цитирования:

Хербез В. Принципы формирования новых типов размещения для туристов на территории скадарского озера в Черногории // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 110–118. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-110-118

For citation:

Herbez V. Principles for forming new types of accommodation for tourists on the territory of lake skadar in Montenegro. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 110–118. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-110-118

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-119-125

Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Евтушенко Е.И.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: bondarenko-71@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТЕКЛОВОЛОКНА С ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА

Аннотация. Армирование бетона стекловолокном позволяет улучшить эксплуатационные свойства бетона. Объектом исследования являлся стеклофибробетон, где в качестве вяжущего применялся портландцемент или глинозёмистый цемент, а в качестве наполнителя – кремнезёмное стекловолокно. Изучены химический и фазовый составы портландцемента и глинозёмистого цемента. Исследовано влияние продуктов гидратации портландцемента и глинозёмистого цемента на химическую устойчивость стекловолокна. С использованием рентгенофазового анализа исследован фазовый состав портландцемента и глинозёмистого цемента после гидратации. Выявлено, что в глинозёмистом цементе присутствуют следующие фазы: CaOAl_2O_3 , MgOAl_2O_3 , $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, фазовый состав портландцемента – $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_{2,25}(\text{Si}_3\text{O}_{7,5}(\text{OH})_{1,5}) \cdot (\text{H}_2\text{O})$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 . Установлено, что портландцемент при гидратации отрицательно воздействует на стекловолокно из-за присутствия в нём $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Фазовый состав глинозёмистого цемента после гидратации показал отсутствие $\text{Ca}(\text{OH})_2$. С использованием рентгенофлуоресцентного метода анализа исследован химический состав стекловолокна. Обосновано применение глинозёмистого цемента при использовании в композиционном материале нещелочестойкого стекловолокна. Проведено исследование устойчивости стекловолокна в среде цементной вытяжки. Исследования показали, что стекловолокно марки КВ-11 с продуктами гидратации глинозёмистого цемента менее взаимодействовало, чем с продуктами гидратации портландцемента.

Ключевые слова: стекловолокно, гидратация, цементная вытяжка, фибробетон, щелочеустойчивость, глинозёмистый цемент, портландцемент.

Введение. В настоящее время армирование бетонов различными волокнами является наиболее перспективным и применяемым в строительной отрасли [1–3]. Обычный бетон при высыхании даёт усадку, что является причиной образования трещин и, как следствие, происходит снижение его прочностных характеристик. Улучшить свойства бетонов можно за счёт введения в его состав оптимального количества волокон различного назначения и их равномерного распределения [4–7]. Армирование стекловолокном позволяет улучшить эксплуатационные характеристики бетонов. Кроме того, благодаря применению стекловолокна как армирующего материала бетонов расширился спектр его применения [8, 9]. Иногда армирование стекловолокном является безальтернативным методом улучшения характеристик изделий [10]. Стеклофибра увеличивает прочностные характеристики при значительно меньших дозировках, чем стальная и полипропиленовая фибры, поэтому популярность её использования постоянно возрастает.

Однако на сегодняшний день недостаточно изучена стойкость волокон в цементно-щелочной среде, что является препятствием для массового внедрения стеклофибробетона. Для бетонов с

матрицей на основе портландцемента можно использовать только щелочестойкое стекловолокно, а для глинозёмистых обычное алюмосиликатное стекловолокно, так как при твердении в нём отсутствует свободная известь, которая вызывает коррозию стекловолокна.

Материалы и методы. Для проведения экспериментальных исследований были использованы следующие сырьевые материалы: портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Белгородский цемент» (ГОСТ 10178–85); глинозёмистый цемент марки ВГЦ-1-35 производства ОАО «Пашийский металлургическо-цементный завод» (ГОСТ 969–2019); песок Корочанского месторождения (ГОСТ 8736–2014); стекловолокно марки КВ-11 производства АО «НПО Стеклопластик» (ГОСТ Р 56212–2014); вода (ГОСТ 23732–2011).

Количественный химический состав стеклошариков, из которых было произведено стекловолокно, определяли с помощью спектрометра APL 9900 «Thermo scientific» рентгенофлуоресцентным методом. Устойчивость стекловолокна к цементной вытяжке определяли по стандартной методике согласно ГОСТ 473.2–81. Для исследования была задействована лабораторная водяная баня.

Фазовый состав портландцемента и глинозёмистого цемента до и после гидратации определяли на дифрактометре марки ARL X'TRA. Для экспериментальных исследований фазового состава гидратированного цемента его затворяли водой и полученную смесь укладывали в формы. После гидратации и твердения портландцемента в течение 28 суток, а также гидратации и твердения глинозёмистого цемента в течение 3 суток образцы извлекали из форм и исследовали с помощью рентгенофазового анализа.

Основная часть. Среди композиционных материалов важное место занимают стеклоцементные композиции, обладающие высокой прочностью, трещиностойкостью, малой плотностью, негорючестью, нетоксичностью [11]. Использование их вместо железобетона позволяет снизить: стоимость конструкций в 2–3, массу – в 8–10, расход цемента – в 2–4 раза.

Одним из направлений исследований в области стеклоцементных композиций является разработка специальных составов стекловолокон, стойких против действия среды твердеющего цемента [8]. Используемое в работе кремнезёмное волокно получают путём кислотной обработки срезов стекловолокна, изготовленных из комплексной стеклянной нити, выработанной из стекла на вододисперсионном замасливателе. Варку стекла проводят в варочном бассейне газодисперсионной стекловаренной печи, затем идёт формование стеклошариков (рис. 1) на формующей машине АСШ, из которых вырабатывается стекловолокно марки КВ-11 [12].

С помощью рентгенофлуоресцентного анализа был определён химический состав стеклошариков, который представлен в таблице 1.



Рис. 1. Стеклошарики, из которых получают стекловолокно марки КВ-11

Таблица 1

Химический состав стеклошариков

Содержание оксидов, мас. %					
SiO ₂	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Прочее
71,81	21,15	4,05	0,16	0,10	2,73

С использованием рентгенофазового анализа исследован фазовый состав исходного портландцемента (рис. 2). Из исследований видно, что

основными фазами являлся двухкальциевый и трёхкальциевый силикаты.

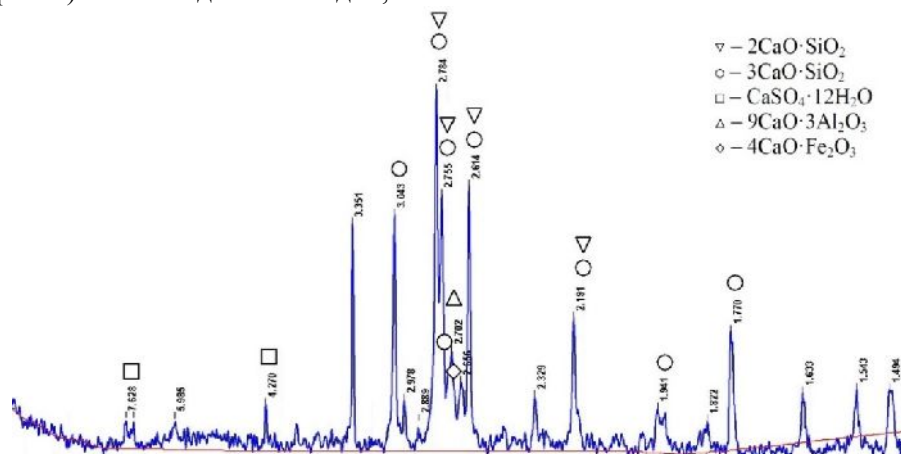


Рис. 2. Порошковая рентгеновская дифрактограмма портландцемента

Также исследованию подвергался гидратированный портландцемент. Выявлено, что основные гидратные фазы портландцемента – эттрингит $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и тоберморит

$\text{Ca}_{2,25}(\text{Si}_3\text{O}_{7,5}(\text{OH})_{1,5}) \cdot (\text{H}_2\text{O})$ (рис. 3). Обнаружено значительное количество гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и незначительное – вторичного карбоната кальция CaCO_3 .

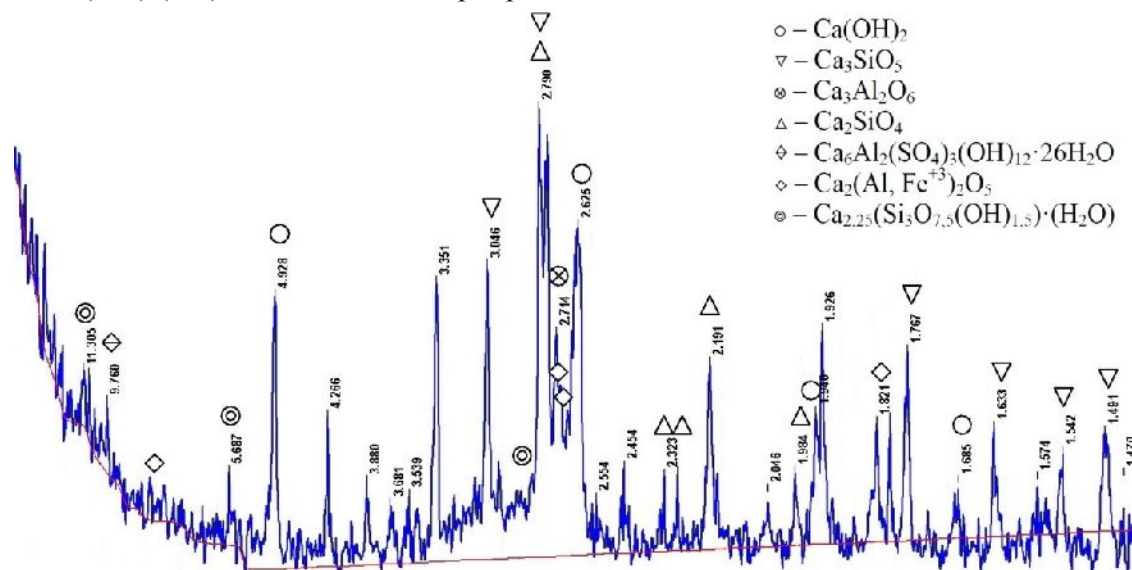


Рис. 3. Порошковая рентгеновская дифрактограмма гидратированного портландцемента

Глинозёмистый цемент производится комплексной плавкой в доменной печи, высокие прочностные показатели которого обуславливаются наличием в нём однокальциевого алюмината. Также в нём могут присутствовать следующие фазы – это однокальциевый диалюминат CaOAl_2O_3 и майенит $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$. Если есть присутствие оксидов кремния и железа, то в конечном продукте возможно присутствие алюмоси-

ликатов, ферритов и алюмоферритов Ca. Высокую прочность и огнеупорность глинозёмистому цементу придаёт CaOAl_2O_3 . В шлаках от переработки кобальт-молибденового катализатора может присутствовать диалюминат кальция, $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ и геленит, относящийся к инертным минералам, а также шпинели и другие минералы [13–15]. Фазовый состав глинозёмистого цемента исследовали рентгенофазовым методом (рис. 4).

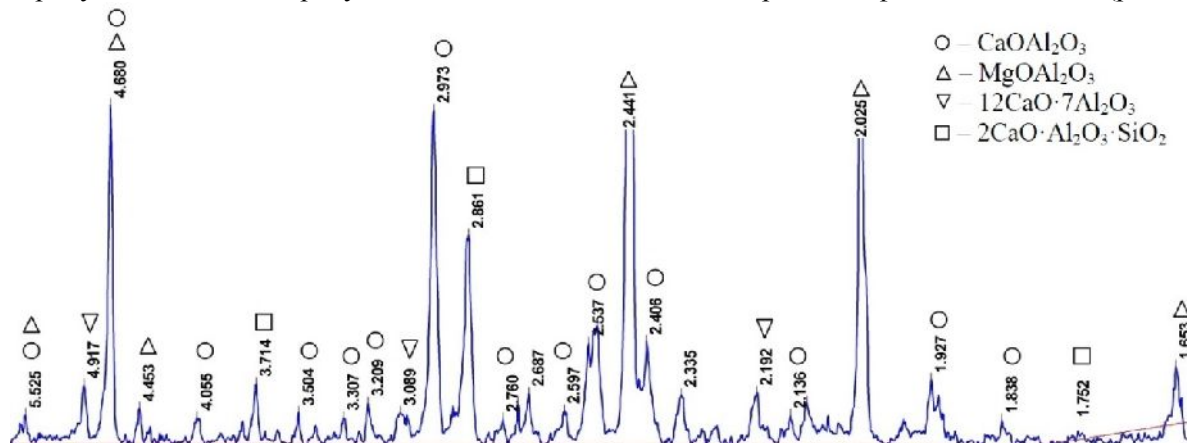


Рис. 4. Порошковая рентгеновская дифрактограмма глинозёмистого цемента

Фазовый состав глинозёмистого цемента представлен моноалюминатом кальция CaOAl_2O_3 , магнезиальной шпинелью MgOAl_2O_3 , майенитом $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ и геленитом $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Моноалюминат кальция является вяжущей фазой, магнезиальная шпинель и геленит – инертные примеси.

На дифрактограмме гидратированного глинозёмистого цемента основная гидратная фаза

представлена гидроалюминатом кальция $\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (рис. 5). Это основная цементная составляющая в гидратированном глинозёмистом цементе, которая является метастабильным продуктом гидратации СА. Помимо неё могут образовываться другие метастабильные продукты гидратации – это C_2AH_8 и C_4AH_{13} , которые в итоге переходят в стабильный кубический C_3AH_6 .

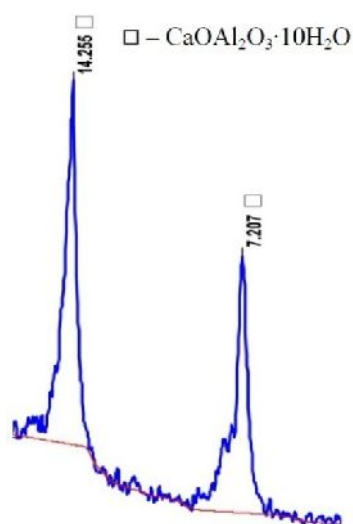


Рис. 5. Порошковая рентгеновская дифрактограмма гидратированного глинозёмистого цемента

Твердение портландцемента – сложный комплекс взаимосвязанных химических и физико-химических процессов, которые оказывают влияние на состояние армирующих наполнителей и композиционного материала в целом. Выбор вяжущего вещества – это главный момент при изготовлении стеклофибробетона [16–18]. Иногда целесообразно применение глинозёмистого цемента, так как он интенсивно кристаллизуется, сохраняет прочность

стеклофибробетона и повышает его водонепроницаемость. Традиционно применяемый портландцемент, реагируя с водой, надежно защищает металлическую арматуру, но отрицательно воздействует на стекловолокно.

Чтобы сделать заключение о возможности использования стекловолокна данного состава в качестве армирующих элементов бетона было проведено исследование устойчивости стекловолокна в среде цементной вытяжки. Испытания проводили аналогично определению щелочестойкости по ГОСТ 473.2–81.

Была приготовлена цементная вытяжка на основе портландцемента и цементная вытяжка на основе глинозёмистого цемента. Кипячение стекловолокна на водяной бане происходило в течение 1 часа.

Устойчивость стекла к цементной вытяжке (Ц) вычисляли по формуле, %:

$$Ц = \frac{m_1 \cdot 100}{m}, \quad (1)$$

где m – масса стекловолокна до испытания, г;
 m_1 – масса стекловолокна после испытания, г.

За окончательный результат принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,5 % (таблица 2, 3).

Таблица 2

Результаты исследования устойчивости стекловолокна к цементной вытяжке на основе портландцемента

№ пробы	Масса навески стекловолокна, г		Устойчивость стекловолокна к цементной вытяжке, %	
	m	m_1	Отдельной пробы	Средняя
1	1,007	0,9217	91,53	88,36
2	1,006	0,8533	85,19	

Таблица 3

Результаты исследования устойчивости стекловолокна к цементной вытяжке на основе глинозёмистого цемента

№ пробы	Масса навески стекловолокна, г		Устойчивость стекловолокна к цементной вытяжке, %	
	m	m_1	Отдельной пробы	Средняя
1	1,002	0,9869	98,49	97,26
2	1,003	0,9632	96,03	

Исследования показали, что стекловолокно марки KB-11 с продуктами гидратации глинозёмистого цемента менее взаимодействовало, чем с продуктами гидратации портландцемента. В растворе портландцемента присутствует гидроксид кальция, который способствует разрушению стеклянных волокон. Поэтому, выбирая в качестве вяжущего для стеклофибробетона портландцемент, нужно использовать устойчивую к щелочам фибру.

Выводы. Исследование фазового состава глинозёмистого цемента после гидратации

показало отсутствие в нём $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который вызывает щелочную коррозию стекловолокна. Проведённый эксперимент показал, что портландцемент, реагируя с водой, отрицательно воздействует на кремнезёмистое стекловолокно, а именно, стойкость стекловолокон в образующей щелочной среде уменьшается.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования ЦВТ на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключев С.В., Ключев А.В., Шорстова Е.С. Фибробетон для 3-d аддитивных технологий // Строительные материалы и изделия. 2019. Том 2. № 4. С. 14–20.
2. Hezhev T.A., Zhurtov A.V., Tsipinov A.S., Klyuev S.V. Fire resistant fibre reinforced vermiculite concrete with volcanic application // Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 4. Pp. 181–194. DOI: 10.18720/MCE.80.16.
3. Ключев С.В., Лесовик В.С., Ключев А.В., Бондаренко Д.О. К вопросу применения нескольких видов фибр для дисперсно-армированных бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 81–83.
4. Володченко А.А. Влияние искусственных гидросиликатов кальция на процессы твердения и свойства неавтоклавных силикатных материалов на основе нетрадиционного алюмосиликатного сырья // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3. № 2. С. 19–28. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-2-19-28.
5. Klyuev S.V., Bratanovskiy S.N., Trukhanov S.V., Manukyan H.A. Strengthening of concrete structures with composite based on carbon fiber // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. Vol. 16. Issue 7. P. 2810–2814. DOI: 10.1166/jctn.2019.8132.
6. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Khezhev T.A., Pukharens Y.V. Fiber concrete for industrial and civil construction // Materials Science Forum. 2018. Vol. 945. P. 120–124. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.120.
7. Lesovik V.S., Bessonov I.V., Bulgakov B.I., Larsen O.A., Puchka O.V., Vaysera S.S. Approach on improving the performance of thermal insulating and acoustic glass composites // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. Article number 042030. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042030.
8. Гутников С.И., Лазорьяк Б.И., Селезнев А.Н. Стекланные волокна. М.: МГУ, 2010. 53 с.
9. Ерофеев В.Т., Баженов Ю.М., Балатханова Э.М., Митина Е.А., Емельянов Д.В., Родин А.И., Карпушин С.Н. Получение и физико-механические свойства цементных композитов с применением наполнителей и воды затворения месторождений чеченской республики // Вестник МГСУ. 2014. № 12. С. 141–151.
10. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон стекловолокном // Бетон и железобетон. 2011. № 6. С. 4–6.
11. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Федорцов В.А. Повышение коррозионной стойкости цементных композитов активными добавками // Строительство и реконструкция. 2020. № 2 (88). С. 51–60. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-88-2-51-60.
12. Канович М.З., Трофимов Н.Н. Сопротивление композиционных материалов. М.: Мир, 2003. 504 с.
13. Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. М.: Стройиздат, 1977. 408 с.
14. Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Борисов И.Н., Тимошенко Т.И., Слабинская И.А., Бондаренко Д.О., Макаров А.В. Исследование кинетики дегидратации глинозёмистого цемента в условиях неизотермического нагрева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 155–160.
15. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Оценка и прогнозирование физико-химического сопротивления стеклощелочных композитов и методы его повышения // Известия вузов. Строительство. 2017. №6 (702). С. 5–14.
16. Ключев С.В. Применение композиционных вяжущих для производства фибробетонов // Технологии бетонов. 2012. № 1–2 (66–67). С. 56–57.
17. Логанина В.И., Жерновский И.В., Жегера К.В., Структурообразование цементного камня в присутствии добавки на основе аморфных алюмосиликатов // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3 (56). С. 142–148.
18. Amran M., Fediuk R., Vatin N., Yeong H.L., Gunasekaran M., Togay O., Klyuev S., Alabduljabber H. Fibre-reinforced foamed concretes: a review // Materials. 2020. Vol. 13. Issue 19. Article number 4323. DOI:10.3390/ma13194323.

Информация об авторах

Бондаренко Надежда Ивановна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

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

Евтушенко Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры Технология стекла и керамики. E-mail: eveviv@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 21.11.2020 г.

© Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Евтушенко Е.И., 2020

***Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Evtushenko E.I.**
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
*E-mail: bondarenko-71@mail.ru

STUDY OF THE CHEMICAL INTERACTION OF GLASS FIBER WITH CEMENT HYDRATION PRODUCTS

Abstract. Reinforcement of concrete with fiberglass improves the performance properties of concrete. The object of the study is fiberglass concrete, where Portland cement or alumina cement is used as a binder, and silica fiberglass is used as a filler. The chemical and phase compositions of Portland cement and alumina cement have been studied. The influence of the products of hydration of Portland cement and alumina cement on the chemical resistance of glass fiber has been investigated. The phase composition of Portland cement and alumina cement after hydration is studied using X-ray phase analysis. It is revealed that the following phases are present in alumina cement: CaOAl_2O_3 , MgOAl_2O_3 , $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, the phase composition of Portland cement is $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_{2,25}(\text{Si}_3\text{O}_{7,5}(\text{OH})_{1,5}) \cdot (\text{H}_2\text{O})$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 . It has been found that when hydrated, Portland cement has a negative effect on fiberglass due to the presence of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in it. The phase composition of the alumina cement after hydration shows the absence of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. The chemical composition of fiberglass is investigated using X-ray fluorescence analysis. The use of alumina cement when using non-alkali-resistant fiberglass in a composite material is substantiated. The study of the stability of fiberglass in the environment of cement drawing has been carried out. Studies have shown that KV-11 grade fiberglass interacted less with hydration products of alumina cement than with hydration products of Portland cement.

Keywords: fiberglass, hydration, cement extraction, fiber concrete, alkali resistance, alumina cement, Portland cement.

REFERENCES

1. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Shorstova E.S. Fiber concrete for 3-d additive technologies [Fibrobeton dlya 3-d additivnykh tekhnologij]. Construction Materials and Products. 2019. Vol. 2. No 4. Pp. 14–20. (rus)
2. Hezhev T.A., Zhurtov A.V., Tsipinov A.S., Klyuev S.V. Fire resistant fibre reinforced vermiculite concrete with volcanic application. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 4. Pp. 181–194. DOI: 10.18720/MCE.80.16.
3. Klyuyev S.V., Lesovik V.S., Klyuev A.V., Bondarenko D.O. The question of several species fiber for fiber concrete [K voprosu primeneniya neskol'kih vidov fibr dlya dispersno-armirovannykh betonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2012. No. 4. Pp. 81–83. (rus)
4. Volodchenko A.A. Influence of artificial calcium hydrosilicates on the hardening processes and properties of non-autoclave silicate materials based on unconventional aluminosilicate raw materials [Vliyaniye iskusstvennykh gidrosilikatov kal'ciya na processy tverdeniya i svoystva neavtoklavnykh silikatnykh materialov na osnove netraditsionnogo aluminosilikatnogo syr'ya]. Construction Materials and Products. 2020. Vol. 3. No. 2. Pp. 19–28. DOI: 10.34031/2618-7183-2020-3-2-19–28. (rus)
5. Klyuev S.V., Bratanovskiy S.N., Trukhanov S.V., Manukyan H.A. Strengthening of concrete structures with composite based on carbon fiber. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. Vol. 16. No 7. Pp. 2810–2814. DOI: 10.1166/jctn.2019.8132.
6. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Khezhev T.A., Pukharensky Y.V. Fiber concrete for industrial and civil construction. Materials Science Forum. 2018. Vol. 945. Pp. 120–124. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.120.
7. Lesovik V.S., Bessonov I.V., Bulgakov B.I., Larsen O.A., Puchka O.V., Vaysera S.S. Approach on improving the performance of thermal insulating and acoustic glass composites. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. Article number 042030. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042030.
8. Gutnikov S.I., Lazoryak B.I., Seleznev A.N. Glass fibers [Steklyannye volokna]. Moscow: MSU, 2010. 53 p. (rus)
9. Erofeev V.T., Bazhenov Yu.M., Balatkhanova E.M., Mitina E.A., Emel'yanov D.V., Rodin A.I., Karpushin S.N. Obtaining and physical

mechanical properties of cement composites with the use of fillers and mixing water from the Chechen Republic fields [Poluchenie i fiziko-mekhanicheskie svoystva tsementnykh kompozitov s primeneniem napolniteley i vody zatvoreniya mestorozhdeniy Chechenskoy Respubliki]. Vestnik MGSU. 2014. No. 12. Pp. 141–151. (rus)

10. Klyuev S.V., Lesovik R.V. Dispersed-reinforced fine-grained concrete with fiberglass [Dispersno-armirovannyj melkozernistyj beton steklovoloknom]. Beton i zhelezobeton. 2011. No. 6. Pp. 4–6. (rus)

11. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Fedortsov V.A. The increasing of corrosive resistance of cement composites by active additives [Povyshenie korrozionnoj stojkosti cementnykh kompozitov aktivnymi dobavkami]. Building and reconstruction. 2020. No. 2 (88). Pp. 51–60. DOI: 10.33979/2073-7416-2020-88-2-51-60. (rus)

12. Kanovich M.Z., Trofimov N.N. Resistance of composite materials [Soprotivlenie kompozicionnykh materialov]. Moscow: Mir, 2003. 504 p. (rus)

13. Ramachandran V.S. Application of differential thermal analysis in cement chemistry [Primenenie differencial'nogo termicheskogo analiza v himii cementov]. Moscow: Stroyizdat, 1977. 408 p. (rus)

14. Bondarenko N.I., Bessmertnyy V.S., Borisov I.N., Tymoshenko T.I., Slabinskaya I.A., Bondarenko D.O., Makarov A.V. Research of kinetics of dehydration of aluminous cement in the conditions of not isothermal heating [Issledovanie kinetiki dehidratatsii glinozymistogo cementa v usloviyah neizotermicheskogo nagreva]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 6. Pp. 155–160. (rus)

15. Erofeev V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. Assessment and forecasting of physical and chemical resistance of glass alkali composites and methods of his increase [Ocenka i prognozirovanie fiziko-himicheskogo soprotivleniya stekloshchelochnykh kompozitov i metody ego povysheniya]. News of higher educational institutions. Construction. 2017. No. 6 (702). Pp. 5–14. (rus)

16. Kluyev S.V. Composite binders use for the production of fiber-concretes [Primenenie kompozicionnykh vyazhushchih dlya proizvodstva fibrobetonov]. Concrete Technologies. 2012. No. 1–2 (66–67). Pp. 56–57. (rus)

17. Loganina V.I., Zhernovskiy I.V., Zhegera K.V. Pattern formation of cement stone in the presence of additive based on amorphous aluminum silicates [Strukturoobrazovanie cementnogo kamnya v prisutstvii dobavki na osnove amorfnykh alyumosilikatov]. Bulletin of Civil Engineers. 2016. No. 3 (56). Pp. 142–148. (rus)

18. Amran M., Fediuk R., Vatin N., Yeong H.L., Gunasekaran M., Togay O., Klyuev S., Alabduljabber H. Fibre-reinforced foamed concretes: a review. Materials. 2020. Vol. 13. No. 19. Article number 4323. DOI:10.3390/ma13194323.

Information about the authors

Bondarenko, Nadezhda I. PhD. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bondarenko, Diana O. PhD. E-mail: di_bondarenko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Evtushenko, Evgeny I. PhD, Professor. E-mail: eveviv@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostukova, 46.

Received 21.11.2020

Для цитирования:

Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Евтушенко Е.И. Исследование химического взаимодействия стекловолокна с продуктами гидратации цемента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 119–125. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-119-125

For citation:

Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Evtushenko E.I. Study of the chemical interaction of glass fiber with cement hydration products. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 119–125. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-119-125

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-126-125

^{1,*}Мороз Я.А., ¹Лозинский Н.С., ²Лопанов А.Н., ³Чебышев К.А., ⁴Бурховецкий В.В.¹Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова³Донецкий национальный университет⁴Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина

*E-mail: jaroslavchem@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ТЕРМОЛИЗА ВОЛЬФРАМОФOSФАТОВ ЦЕЗИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены синтез, исследование термического разложения и идентификация продуктов термолита вольфрамфосфатов цезия, перспективных соединений в области материаловедения, катализа и других областей науки и техники.

Из водных растворов синтезированы соединения со структурой анионов Кеггина: $Cs_3[PW_{12}O_{40}] \cdot 9H_2O$; $Cs_5Na_2[PW_{11}O_{39}(H_2O)] \cdot 5H_2O$ и $Cs_5[PW_{11}O_{39}Ni_{0,5}Cu_{0,5}(H_2O)] \cdot 4H_2O$. Исследованы процессы их термического разложения и установлены некоторые закономерности их термолита. Идентифицированы продукты термолита: $Cs_3PW_{12}O_{40}$, фазы со структурой пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы состава $Cs_{10/13}Na_{4/13}P_{2/13}W_{22/13}O_6$ и $Cs_{10/13}P_{2/13}Ni_{1/13}Cu_{1/13}W_{22/13}O_6$. Определены параметры решетки фаз со структурой пирохлора. Показано, что ионы фосфора, никеля и меди входят в структуру пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы. Фазы, аналогичные этому химическому составу, ранее не были известны в литературе. Исследованные вольфрамфосфаты и продукты их термолита являются перспективными соединениями для получения гетерогенных катализаторов реакций окисления органических соединений и селективных сорбентов.

Результаты исследований могут быть полезны для прогнозирования термических свойств и фазового состава продуктов термолита аналогичных полиоксометаллатов с целью получения новых соединений со структурой пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы, а также композиционных материалов на их основе.

Ключевые слова: термический анализ, полиоксовольфраматы, продукты термолита, пирохлор, гексагональная вольфрамовая бронза.

Введение. Полиоксовольфраматы, оксидные соединения вольфрама и композиционные материалы на их основе привлекают внимание исследователей в области материаловедения, катализа, энергетики, медицины и других областей науки и технологий, поскольку кислотные, окислительно-восстановительные, оптические, магнитные, фармакологические и другие свойства этих соединений можно целенаправленно изменять и контролировать на молекулярном уровне [1–10]. Цезиевые соли полиоксометаллатов и продукты их термолита обладают сорбционными свойствами благодаря большой площади поверхности и развитой пористости. Так, соединения на основе солей цезия ($Cs_{0,3}WO_{3,15}$ / $Cs_3PW_{12}O_{40}$), которые были синтезированы методом термического разложения гексагонального вольфрамата цезия ($Cs_{0,3}WO_{3,15}$), обработанного фосфорной кислотой, были испытаны в качестве адсорбентов для удаления из воды молекул органических красителей. Результаты показали, что композит ($Cs_{0,3}WO_{3,15}$ / $Cs_3PW_{12}O_{40}$) имеет более высокую адсорбционную способность по отношению к катионным красителям по сравнению с индивидуальными $Cs_{0,3}WO_{3,15}$ и $Cs_3PW_{12}O_{40}$ и может многократно использоваться повторно [6].

В работе [7] из водных растворов $H_3PW_{12}O_{40}$ и Cs_2CO_3 был получен твердый кислотный катализатор $Cs_{2,5}H_{0,5}PW_{12}O_{40}$, а также дана комплексная интерпретация микроструктуры и механизма его формирования. Прокаливание свежеприготовленных осадков $Cs_{2,5}H_{0,5}PW_{12}O_{40}$ приводит к миграции H^+ и Cs^+ в твердом теле с образованием почти гомогенного твердого раствора, в котором протоны распределяются случайным образом по всему образцу. Пропитка $Cs_3PW_{12}O_{40}$ водным раствором $H_3PW_{12}O_{40}$ также дает гомогенную соль после прокаливания. Высокая каталитическая активность $Cs_{2,5}H_{0,5}PW_{12}O_{40}$ в гетерогенных реакциях в основном обусловлена прочностью и количеством сильных кислотных центров, а также мезопористой структурой, обеспечивающей быструю диффузию молекул [7].

В то же время данные по термолиту и продуктам разложения других вольфрамфосфатов цезия в литературе весьма ограничены.

В данной статье представлены результаты по синтезу, исследованию термического разложения и идентификации продуктов термолита вольфрамфосфатов цезия.

Материалы и методы. Вольфрамфосфаты цезия синтезировали по методикам, описанным в работах [2, 11]. Химический состав соединений

установлен методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой с использованием IRIS Intrepid II XSP Duo (Thermo Electron Corporation, США), погрешность метода составляет 5%, а также термогравиметрическим анализом при определении водорода в виде воды (погрешность метода 0,04%).

Морфологию поверхности изучали методами растровой электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа с использованием JSM 6490 LV (JEOL) и энергодисперсионного рентгеновского (EDX) спектрометра INCA Penta FETx3 (OXFORD Instruments). Визуализация образцов, нанесенных на проводящую графитовую ленту, проводилась в режиме обратно рассеянных электронов для элементного анализа (погрешность метода 5%). Тонкую структуру продуктов термолитиза вольфрамофосфатов цезия изучали на электронном микроскопе JEM-200A фирмы JEOL при ускоряющем напряжении 200 кВ.

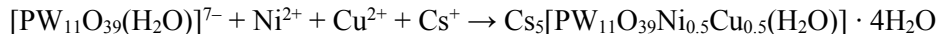
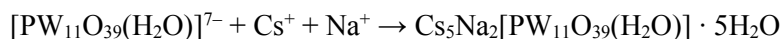
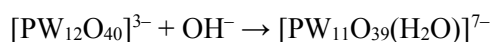
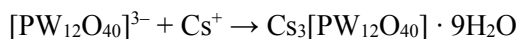
Идентификацию гетерополиоксометаллатов и продуктов их термолитиза проводили с помощью ИК-спектров и рентгенофазового анализа. ИК-

спектры записаны в диапазоне 400–4000 см⁻¹ на спектрометре Vertex 70 «Bruker Optik GmbH». Навеска образцов смешивалась с монокристаллическим КВг и спрессовывалась в тонкий диск.

Рентгенофазовый анализ (РФА) поликристаллических образцов проводили на дифрактометре ДРОН-2.0 (Cu Kα-излучение) в диапазоне 10 ° ≤ 2θ ≤ 60 ° со скоростью 1 градус в минуту. Параметры элементарной ячейки были рассчитаны с использованием FULLPROF.2k (версия 5.30) с графическим интерфейсом WinPLOTR методом полного профиля Le Bail.

Термогравитограммы образцов записаны на синхронном термоанализаторе STA 449 F1 Jupiter в режиме дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) при скорости нагрева 10 °С / мин в атмосфере аргона; масса навески 15–20 мг.

Основная часть. Соединения Cs₃[PW₁₂O₄₀] · 9H₂O, Cs₅Na₂[PW₁₁O₃₉(H₂O)] · 5H₂O и Cs₅[PW₁₁O₃₉Ni_{0,5}Cu_{0,5}(H₂O)] · 4H₂O синтезированы из водных растворов при комнатной температуре по следующим схемам:



12-вольфрамофосфат цезия выпадал из реакционной смеси в виде плотного, плохо растворимого белого осадка. В отличие от него, 11-воль-

фрамофосфаты цезия растворимы в воде, и их хорошо ограненные кристаллы образовывались из раствора через 24 часа. В таблице 1 представлен химический состав этих соединений.

Таблица 1

Химический состав синтезированных вольфрамофосфатов цезия, мас. %

Cs ₃ [PW ₁₂ O ₄₀] · 9H ₂ O			Cs ₅ Na ₂ [PW ₁₁ O ₃₉ (H ₂ O)] · 5H ₂ O			Cs ₅ [PW ₁₁ O ₃₉ Ni _{0,5} Cu _{0,5} (H ₂ O)] · 4H ₂ O		
элемент	рассчитано	найдено	элемент	рассчитано	найдено	элемент	рассчитано	найдено
Cs	11,60	11,55	Cs	19,01	19,00	Cs	19,02	19,00
P	0,90	0,90	P	0,89	0,90	P	0,89	0,90
W	64,17	64,20	W	57,85	57,90	W	57,90	57,85
H	0,53	0,54	H	0,35	0,35	H	0,29	0,30
			Na	1,31	1,30	Ni	0,84	0,85
						Cu	0,91	0,90

ИК-спектры синтезированных соединений в области валентных колебаний металл-кислородного каркаса имеют форму, аналогичную известным соединениям со структурой аниона Кеггина (рис. 1, спектры 1 и 2), например, приведенным в работе [12]. Это позволяет отнести полученные соединения к 12-вольфрамофосфату цезия и 11-вольфрамофосфатам цезия.

Результаты термического анализа указывают на то, что синтезированные вольфрамофосфаты цезия термически нестабильны и при нагревании происходит их дегидратация (рис. 2). Экзотермический эффект при 650 °С обусловлен кристаллизацией продуктов термолитиза вольфрамофосфатометаллата цезия.

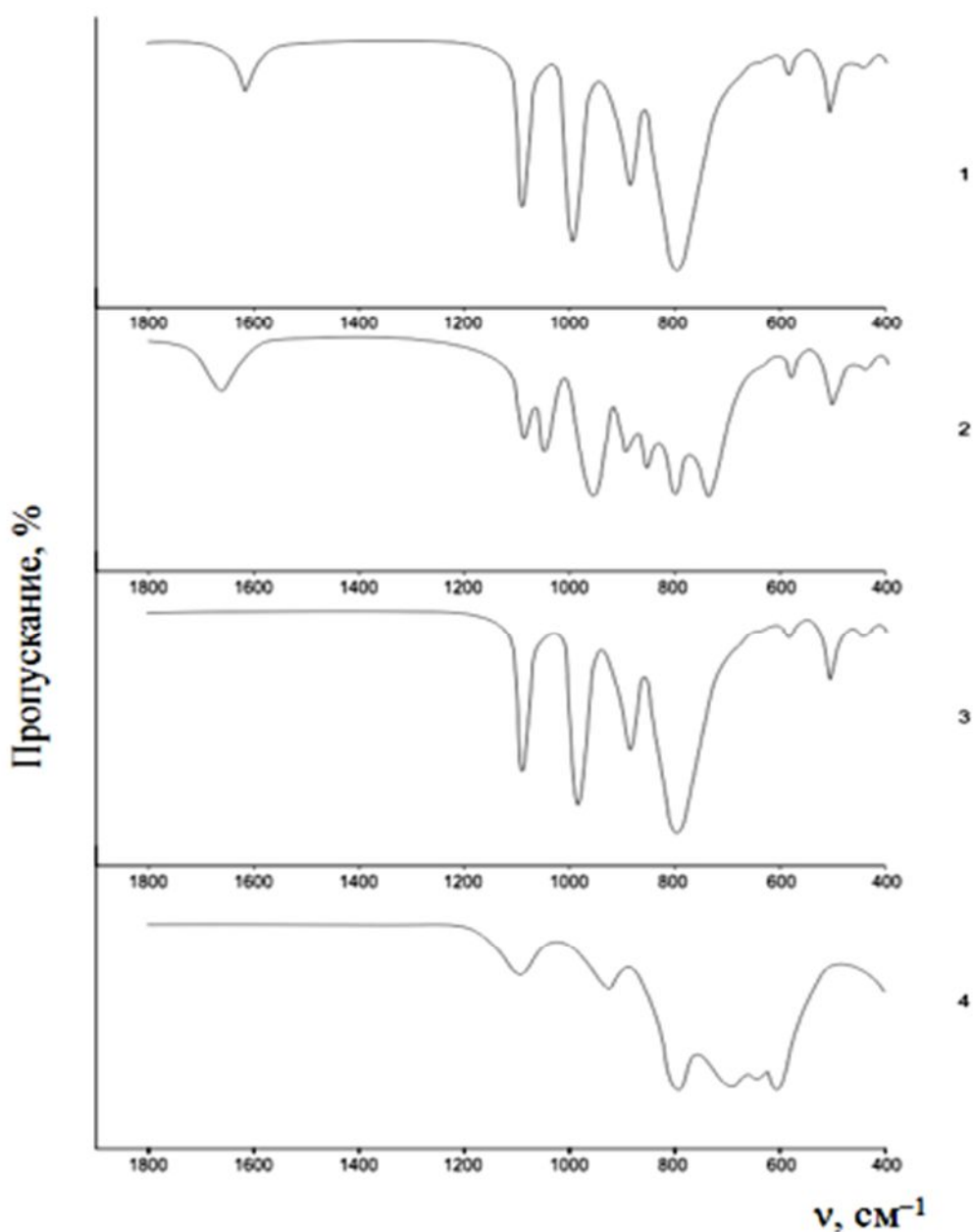


Рис. 1. ИК-спектры вольфрамфосфатов цезия: 1 – $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; 2 – $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 3 – $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]$ $t = 900^\circ\text{C}$; 4 – $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]$ $t = 900^\circ\text{C}$

На рентгенограмме 12-вольфрамфосфата цезия, прокаленного при температуре 900°C , присутствуют рефлексы одной фазы $\text{Cs}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ [13] (рис. 3). ИК-спектр этого соединения в области валентных колебаний металл-кислородного каркаса $400\text{--}1200\text{ см}^{-1}$, идентичен ИК-спектру исходного вольфрамфосфата цезия (рис. 1). Исходная структура аниона Кеггина этого соединения сохраняется после прокаливания при 900°C .

На рентгенограмме 11-вольфрамфосфата цезия $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]$, прокаленного при 600°C ,

присутствуют рефлексы фазы со структурой пирохлора [14, 15] и $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]$ (в качестве примеси). Параметр элементарной ячейки фазы со структурой пирохлора равен $10,39\text{ \AA}$. После прокаливания при 800°C были обнаружены рефлексы фаз пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы (ГВБ) [16, 17] (рис. 3). Микрофотографии продуктов термолитиза 11-вольфрамфосфатов цезия, прокаленных при 800°C , полученные с помощью просвечивающего электронного микроскопа, показывают их слоистую структуру (рис. 4).

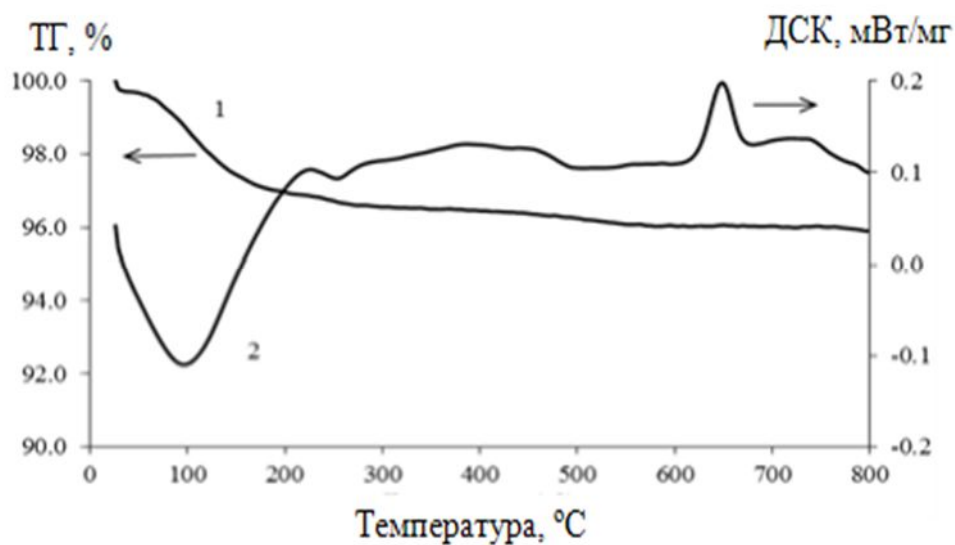


Рис. 2. Термогравитационная вольфрамфосфатометаллата цезия состава $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}\text{Ni}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 1 – ТГ; 2 – ДСК

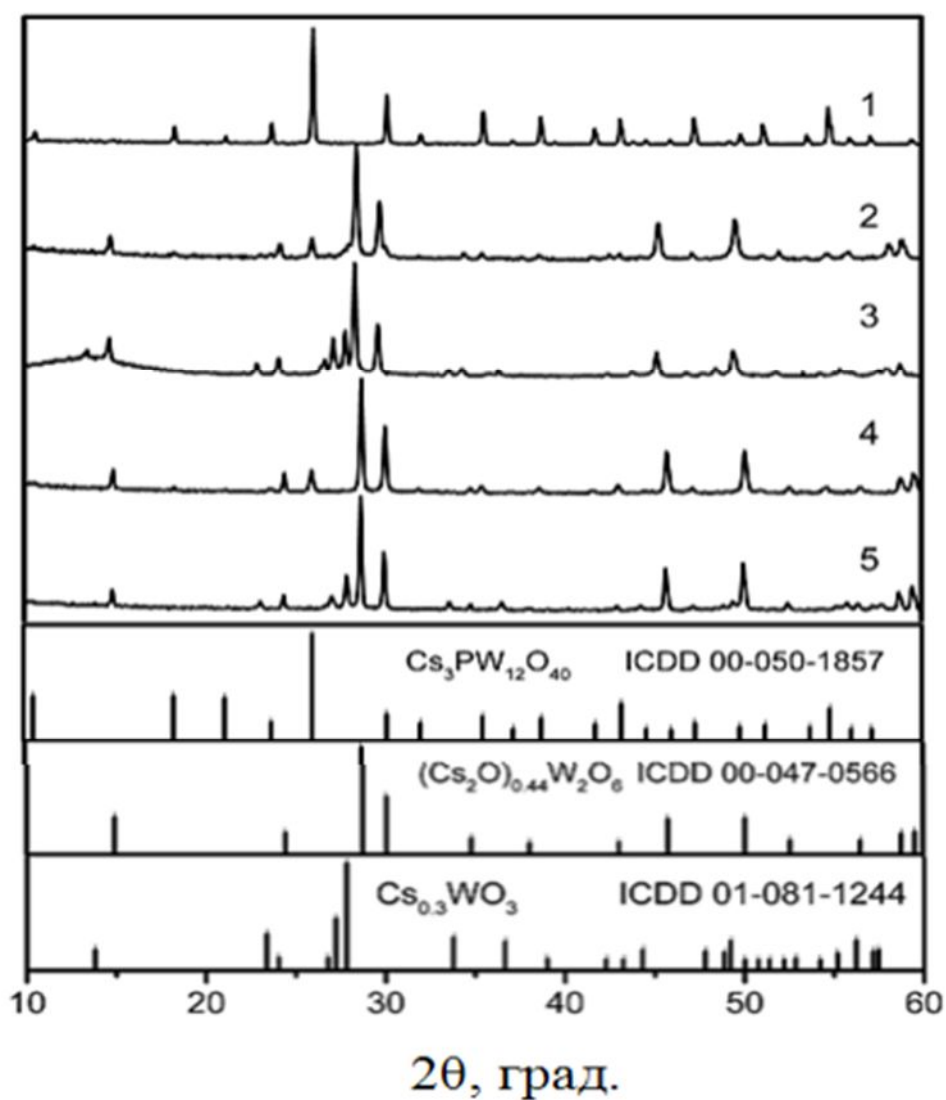


Рис. 3. Рентгенограммы вольфрамфосфатов цезия, прокаленных при различной температуре:

- 1 – $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]$ $t = 900^\circ\text{C}$; 2 – $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]$ $t = 600^\circ\text{C}$;
 3 – $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]$ $t = 800^\circ\text{C}$; 4 – $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}\text{Ni}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}]$ $t = 700^\circ\text{C}$;
 5 – $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}\text{Ni}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}]$ $t = 850^\circ\text{C}$

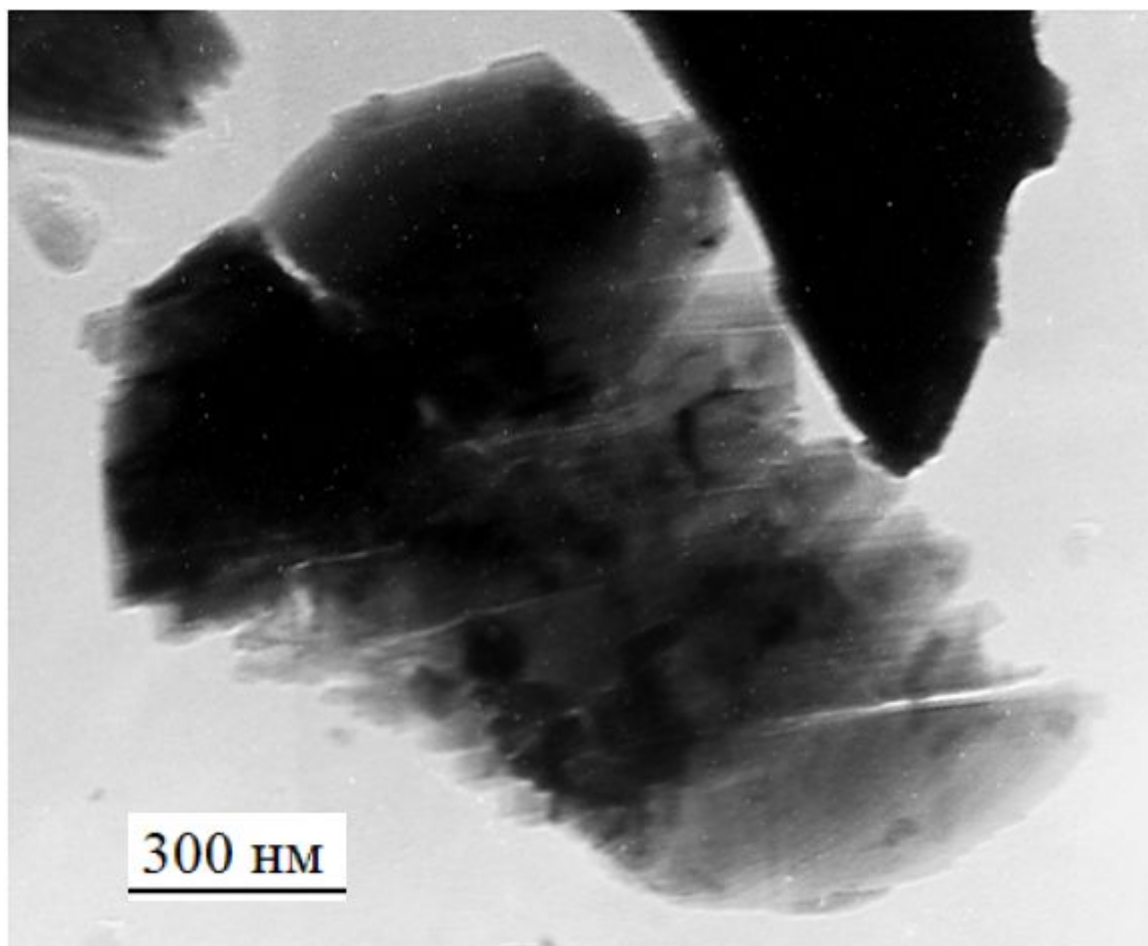


Рис. 4. Слоистая структура частиц продукта термолитиза 11-вольфрамфосфата цезия состава $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]$, прокаленного при 800°C ; просвечивающая электронная микроскопия, $\times 30000$

Оксидные соединения вольфрама (VI) с кубической гранецентрированной структурой типа пироклора с общей формулой $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_6$ или $\text{Kt}_n\text{M}_x\text{W}_{2-x}\text{O}_6$, представляют собой нестехиометрические соединения переменного состава, где $\text{Kt} = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$; $\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Cr}$ и другие элементы. Индекс «n» равен 3 для элементов М со степенью окисления +3, и n равен 4, когда степень окисления +2. Эти соединения можно рассматривать как результат замены части атомов вольфрама (VI) в формуле WO_3 на элемент М и три или четыре атома щелочного металла, компенсирующие заряд вольфрама (VI) [18–20].

Известны оксидные соединения вольфрама (VI) с 3d и другими элементами со структурой гексагональной вольфрамовой бронзы, например, фазы переменного состава: $\text{Kt}_n\text{M}_x\text{W}_{1-x}\text{O}_3$, $\text{Kt} = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}, \text{NH}_4^+$; $\text{M} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Cr}$ [18, 19]. Удвоение их простейшей формулы приводит к получению формул дефектных пироклоров $\text{Kt}_n\text{M}_x\text{W}_{2-x}\text{O}_6$. Таким образом, эти два типа соединений имеют аналогичный химический состав и по данным, приведенным в работе [19],

при прокаливании происходит полиморфный переход кубической в гексагональную структуру и наоборот.

В данном случае элементом М является фосфор (V), а продукты термолитиза 11-вольфрамфосфата $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]$, прокаленного при 900°C , могут быть представлены формулой $\text{Cs}_{5/13}\text{Na}_{2/13}\text{P}_{1/13}\text{W}_{11/13}\text{O}_3$ или $\text{Cs}_{10/13}\text{Na}_{4/13}\text{P}_{2/13}\text{W}_{22/13}\text{O}_6$. Они удовлетворяют общей формуле $\text{Kt}_n\text{P}_x\text{W}_{2-2x}\text{O}_6$.

Термическое поведение вольфрамфосфатометаллатов $[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}\text{Z}(\text{H}_2\text{O})]^{5-}$ со структурой аниона Кеггина и лакунарной соли вольфрамфосфата цезия $[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}(\text{H}_2\text{O})]^{7-}$ аналогично. После прокалывания 11-вольфрамфосфата цезия состава $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{Ni}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{39}]$ при 700°C на рентгенограмме преобладают рефлексы фазы типа пироклора. Остальные рефлексы относятся к примесной фазе $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]$. Параметр элементарной ячейки фазы типа пироклора равен $10,29 \text{ \AA}$. Фазы типа пироклора и гексагональной вольфрамовой бронзы идентифицируются в прокаленном при 900°C образце.

Микрофотографии продукта термолитиза 11-вольфрамфосфата цезия состава

$\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{Ni}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{39}]$, прокаленного при 700°C , свидетельствуют о равномерном распределении элементов Cs, P, Ni, Cu, W, O на поверхности по-

рошка в характеристическом рентгеновском излучении (CsLa1 , PKa1 , NiKa1 , CuKa1 , WMa1 , OKa1) и отсутствии участков с различной морфологией поверхности (рис. 5).

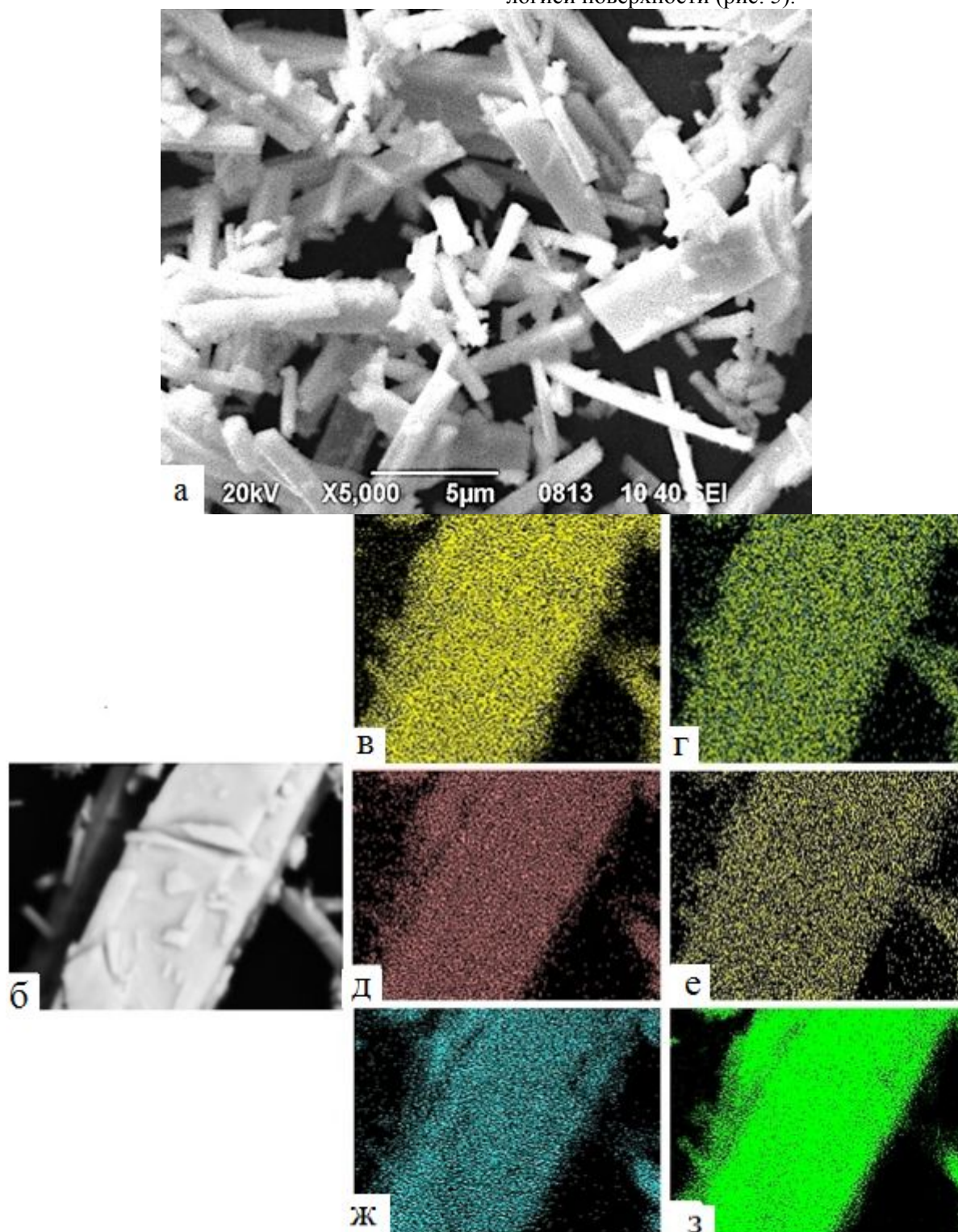


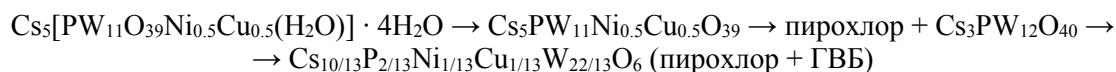
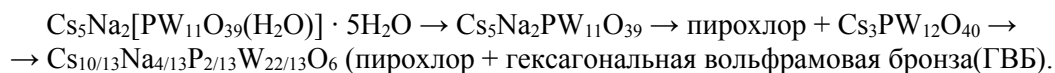
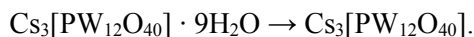
Рис. 5. Морфология частиц продукта термолитиза 11-вольфрамофосфата цезия состава $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{Ni}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{39}]$, прокаленного при 700°C ; сканирующая электронная микроскопия. Контраст во вторичных электронах (а), обратно рассеянных электронах (б); в характеристическом рентгеновском излучении: CsLa1 (в), NiKa1 (г), PKa1 (д), CuKa1 (е), OKa1 (ж), WMa1 (з)

Результаты исследований подтверждают, что ионы фосфора, никеля и меди входят в структуру пирохлора и гексагональной вольфрамовой

бронзы, обе фазы подобны и имеют состав $\text{Cs}_{10/13}\text{P}_{2/13}\text{Ni}_{1/13}\text{Cu}_{1/13}\text{W}_{22/13}\text{O}_6$. Фазы, аналогичные

данному химическому составу, ранее не были известны в литературе.

Процессы термолита вольфрамфосфатов можно представить следующими схемами:



Представленные схемы термолита цезиевых солей вольфрамфосфатов со структурой аниона Кеггина, вероятно, носят более общий характер и применимы для прогноза структуры и продуктов термолита вольфрамфосфатов и вольфрамфосфатометаллатов других структурных типов гетерополиоксометаллат-анионов, например, Дюсона $[\text{P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{17}\text{O}_{61}]^{n-}$, $[\text{P}_2\text{W}_{17}\text{O}_{61}\text{Z}]^{m-}$ и т. д.).

В работах [4–9] представлены результаты исследований сорбционных и каталитических свойств вольфрамметаллатов, вольфрамфосфатов и продуктов их термолита, в которых показана высокая селективность катализаторов на их основе, обусловленная особенностями строения полиоксоанионов и структур соединений типа пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы. Результаты этих исследований позволяют предположить наличие аналогичных свойств у синтезированных соединений и продуктов их термолита, представленных в данной статье.

Выводы

1. Синтезированы соединения $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}\text{Ni}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ со структурой анионов типа Кеггина.

2. Исследованы процессы их термического разложения и установлены некоторые закономерности их термолита.

3. Идентифицированы продукты термолита: $\text{Cs}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$, фазы со структурой пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы состава $\text{Cs}_{10/13}\text{Na}_{4/13}\text{P}_{2/13}\text{W}_{22/13}\text{O}_6$ и $\text{Cs}_{10/13}\text{P}_{2/13}\text{Ni}_{1/13}\text{Cu}_{1/13}\text{W}_{22/13}\text{O}_6$. Определены параметры решетки фаз со структурой пирохлора. Аналогичные этому химическому составу фазы ранее не были известны в литературе.

4. Исследованные вольфрамфосфаты и продукты их термолита являются перспективными соединениями для получения гетерогенных катализаторов реакций окисления органических соединений и селективных сорбентов.

5. Результаты исследований могут быть полезны для прогнозирования термических свойств и фазового состава продуктов термолита полиоксометаллатов других структурных типов гетеро-

полианионов с целью получения новых соединений со структурой пирохлора и гексагональной вольфрамовой бронзы, а также композиционных материалов на их основе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Roy S., Crans D.C., Parac-Vogt T.N., eds. Polyoxometalates in Catalysis, Biology, Energy and Materials Science. Lausanne: Frontiers Media SA. 2019. 224 p. DOI: 10.3389/978-2-88963-233-6.
2. Pope M.T. Heteropoly and Isopoly Oxometalates. Berlin: Springer-Verlag. 1983. 180 p.
3. Pope M.T. A. Muller A., eds. Polyoxometalates: from platonic solids to anti-retroviral activity. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1994. 412 p.
4. Чередниченко Л.А., Мороз Я.А. Каталитические свойства гетерополивольфраматов с 3d-элементами и продуктов их термолита // Кинетика и катализ. 2018. Т. 59, №5. С. 560–565. DOI: 10.1134/S0453881118050039.
5. Мороз Я.А., Савоськин М.В. Исследование каталитических свойств продуктов термолита вольфрамметаллатов в реакциях окисления // Журн. Вестник ДонНУ. Серия А: Естественные науки. 2020. № 1. С. 72–77.
6. Tahmasebi N., Zadehdabagh Z. Simple synthesis and characterization of $\text{Cs}_{0.3}\text{WO}_{3.15}/\text{Cs}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ composite for fast adsorption of cationic dyes from water // Journal of the Australian Ceramic Society. 2020. Vol. 56. С. 49–57. DOI: 10.1007/s41779-019-00412-9.
7. Okuhara T., Watanabe H., Nishimura T., Inumaru K., Misono M. Microstructure of Cesium Hydrogen Salts of 12-Tungstophosphoric Acid Relevant to Novel Acid Catalysis // Chem. Mater. 2000. Vol. 12. P. 2230–2238. DOI:10.1021/CM9907561.
8. Camarillo-Cisneros J., Arzola-Álvarez C., Cabral-Lares R.M., Arzate-Quintana C., Arzola-Rubio A. Optical properties of $\text{W}_{1-x}\text{Mo}_x\text{O}_3 \cdot 0.33\text{H}_2\text{O}$ semiconductor oxides synthesized by hydrothermal and microwave techniques // Inorganic Chemistry Communications. 2020. Vol. 119. Art. 107984. 9 p. DOI: 10.3390/polym11111740.
9. Allmen K., Moré R., Müller R., Soriano-López J., Linden A., Patzke G.R. Nickel-Containing Keggin-Type Polyoxometalates as Hydrogen Evolution Catalysts: Photochemical Structure–Activity

Relationships // Chem. Plus. Chem. 2015. Vol. 80. P. 1389 – 1398. DOI: 10.1002/cplu.201500074.

10. Jeon B., Kim T., Lee D., Shin T.J., Oh K.W., Park J. Photothermal Polymer Nanocomposites of Tungsten Bronze Nanorods with Enhanced Tensile Elongation at Low Filler Contents // Polymers. 2019. Vol. 11, No. 11. Art. 1740. 16 p. DOI: 10.3390/polym11111740.

11. Мороз Я.А. Закономерности синтеза гетерополисоединений с 3d-элементами // Журн. Вестник ДонНУ. Серия А: Естественные науки. 2017. № 1. С. 92–110.

12. Kato C.N., Ukai N., Miyamae D., Arata S., Kashiwagi T., Nagami M., Mori T., Kataoka Y., Kitagawa Y., Uno H. Syntheses and X-Ray Crystal Structures of Magnesium- Substituted Polyoxometalates. Advanced Topics in Crystallization. Mastai Y., editor. BoD – Books on Demand, 2015. 372 p. DOI: 10.5772/59598.

13. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF № 00-050-1857).

14. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF № 00-047-0566).

15. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF № 00-033-1029).

16. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF № 01-081-1244).

17. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF № 01-081-1245).

18. Мороз Я.А., Чередниченко Л.А. О некоторых закономерностях термолитиза гетерополиоксометаллатов с 3d-элементами // Вестник ДонНУ. Серия А: Естественные науки. 2018. № 1. С. 95–103.

19. Клевцов П.В., Синайко В.А. О двойных вольфраматах калия, рубидия и цезия с трехвалентными металлами Al, Ge, Cr и Fe // Журн. неорганической химии. 1975. Т. 20, № 8. С. 2104–2107.

20. Коваленко Л.Ю., Бурмистров В.А., Захаревич Д.А. Состав и структура фаз, образующихся при термолитизе твердых растворов замещения $H_2Sb_{2-x}V_xO_6 \cdot nH_2O$ // Конденсированные среды и межфазные границы. 2020. Т. 22, № 1. С. 75–83. DOI:10.17308/kcmf.2020.22/2507.

Информация об авторах

Мороз Ярослав Анатольевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник. E-mail: jaroslavchem@mail.ru. Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко. Украина, 83114, Донецк, ул. Р. Люксембург, д. 70.

Лозинский Николай Степанович, кандидат технических наук, научный сотрудник. E-mail: lozinsky58@mail.ru. Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко. Украина, 83114, Донецк, ул. Р. Люксембург, д. 70.

Лопанов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности. E-mail: alopanov@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чебышев Константин Александрович, научный сотрудник кафедры неорганической химии. E-mail: chebyshev.konst@mail.ru. Донецкий национальный университет. Украина. 83050, Донецк, ул. Университетская, д. 24.

Бурховецкий Валерий Викторович, научный сотрудник отдела физики и диагностики перспективных материалов. E-mail: val-bur@ukr.net. Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина. Украина, 83114, Донецк, ул. Р. Люксембург, д. 72.

Поступила 14.12.2020 г.

© Мороз Я.А., Лозинский Н.С., Лопанов А.Н., Чебышев К.А., Бурховецкий В.В. 2020

^{1,*}Moroz Y.A., ¹Lozynsky M.S., ²Loponov A.N., ³Chebyshev K.A., ⁴Burkhovetsky V.V.

¹L.M. Litvinenko Institute of Physical Organic and Coal Chemistry

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

³Donetsk National University

⁴Donetsk Institute for Physics and Engineering after A.A. Galkin

*E-mail: jaroslavchem@mail.ru

THE RESEARCH OF THE THERMOLYSIS PRODUCTS OF CESIUM TUNGSTOPHOSPHATES

Abstract. The article deals with the synthesis, study of thermal decomposition and identification of the thermolysis products of cesium tungstophosphates that are promising compounds in the field of materials science, catalysis and other fields of science and technology.

Compounds with the Keggin anion structure are synthesized from aqueous solutions: $\text{Cs}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cs}_5\text{Na}_2[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Cs}_5[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}\text{Ni}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. The processes of their thermal decomposition are investigated and some regularities of their thermolysis are established. Thermolysis products are identified: $\text{Cs}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$, phases with the structure of pyrochlore and hexagonal tungsten bronze of the composition $\text{Cs}_{10/13}\text{Na}_{4/13}\text{P}_{2/13}\text{W}_{22/13}\text{O}_6$ and $\text{Cs}_{10/13}\text{P}_{2/13}\text{Ni}_{1/13}\text{Cu}_{1/13}\text{W}_{22/13}\text{O}_6$. The unit cell parameters of the phase with the pyrochlore structure are determined. Research results confirm that phosphorus, nickel and copper ions are included in the structure of pyrochlore and hexagonal tungsten bronze. Phases similar to this chemical composition are not previously known in the literature. The studied tungstophosphates and their thermolysis products are promising compounds for obtaining heterogeneous catalysts for the oxidation of organic compounds and selective sorbents. The research results can be useful for predicting the thermal properties and phase composition of thermolysis products of similar polyoxometallates in order to obtain new compounds with the structure of pyrochlore and hexagonal tungsten bronze, as well as composite materials based on them.

Keywords: thermal analysis, polyoxotungstates, thermolysis products, composition, pyrochlore, hexagonal tungsten bronze.

REFERENCES

1. Roy S., Crans D.C., Parac-Vogt T.N., eds. Polyoxometalates in Catalysis, Biology, Energy and Materials Science. Lausanne: Frontiers Media SA. 2019. 224 p. DOI: 10.3389/978-2-88963-233-6.
2. Pope M.T. Heteropoly and Isopoly Oxometallates. Berlin: Springer-Verlag. 1983. 180 p.
3. Pope M.T., Muller A., eds. Polyoxometalates: from platonic solids to anti-retroviral activity. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1994. 412 p.
4. Cherednichenko L.A., Moroz Y.A. Catalytic properties of heteropolytungstates with 3d-elements and their thermolysis products [Kataliticheskie svoystva geteropolivolfmatov s 3d-jelementami i produktov ih termoliza]. Kinetics and Catalysis. 2018. Vol. 59. No. 5. Pp 560–565. DOI:10.1134/S0453881118050039. (rus)
5. Moroz Y.A., Savos'kin M.V. Investigation of the catalytic properties of the thermolysis products of tungstenmetalates in oxidation reactions [Issledovanie kataliticheskikh svoystv produktov termoliza vol'framometallatov v reakcijah okislenija]. Bulletin of Donetsk National University. Series A. Natural Sciences. 2020. No. 1. Pp. 72–77. (rus)
6. Tahmasebi N., Zadehdabagh Z. Simple synthesis and characterization of $\text{Cs}_{0.3}\text{WO}_{3.15}/\text{Cs}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ composite for fast adsorption of cationic dyes from water. Journal of the Australian Ceramic Society. 2020. Vol. 56. Pp. 49–57. DOI: 10.1007/s41779-019-00412-9.
7. Okuhara T., Watanabe H., Nishimura T., Inumaru K., Misono M. Microstructure of Cesium Hydrogen Salts of 12-Tungstophosphoric Acid Relevant to Novel Acid Catalysis. Chem. Mater. 2000. Vol. 12. Pp. 2230–2238. DOI:10.1021/CM9907561.
8. Camarillo-Cisneros J., Arzola-Álvarez C., Cabral-Lares R.M., Arzate-Quintana C., Arzola-Rubio A. Optical properties of $\text{W}_{1-x}\text{Mo}_x\text{O}_3 \cdot 0.33\text{H}_2\text{O}$ semiconductor oxides synthesized by hydrothermal and microwave techniques. Inorganic Chemistry Communications. 2020. Vol. 119. Art. 107984. 9 p. DOI: 10.3390/polym11111740.
9. Allmen K., Moré R., Müller R., Soriano-López J., Linden A., Patzke G.R. Nickel-Containing Keggin-Type Polyoxometalates as Hydrogen Evolution Catalysts: Photochemical Structure–Activity Relationships. Chem. Plus. Chem. 2015. Vol. 80. Pp. 1389 – 1398. DOI: 10.1002/cplu.201500074.
10. Jeon B., Kim T., Lee D., Shin T.J., Oh K.W., Park J. Photothermal Polymer Nanocomposites of Tungsten Bronze Nanorods with Enhanced Tensile Elongation at Low Filler Contents. Polymers. 2019. Vol. 11, No. 11. Art. 1740. 16 p. DOI: 10.3390/polym11111740.
11. Moroz Y.A. Regularities of the synthesis of heteropolyc compounds with 3d-elements [Za-

konomernosti sinteza geteropolisoedinenij s 3d-jelementami]. Bulletin of Donetsk National University. Series A. Natural Sciences. 2017. No. 1. Pp. 92–110. (rus)

12. Kato C.N., Ukai N., Miyamae D., Arata S., Kashiwagi T., Nagami M., Mori T., Kataoka Y., Kitagawa Y., Uno H. Syntheses and X-Ray Crystal Structures of Magnesium- Substituted Polyoxometalates. Advanced Topics in Crystallization. Mastai Y., editor. BoD – Books on Demand, 2015. 372 p. DOI:10.5772/59598.

13. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF No. 00-050-1857).

14. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF No. 00-047-0566).

15. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF No. 00-033-1029).

16. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF No. 01-081-1244).

17. Powder Diffraction File, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, International Centre for Diffraction Data. Newtown Square. PA. 2005 (ICDD PDF No. 01-081-1245).

18. Moroz Y.A., Cherednichenko L.A. Some regularities of the thermal decomposition of heteropolyoxometalates with 3d-elements [O nekotoryh zakonomernostjah termoliza geteropolioksometallatov 3d-jelementami]. Bulletin of Donetsk National University. Series A. Natural Sciences. 2018. No. 1. Pp. 95–103. (rus)

19. Klevcov P.V., Sinajko V.A. On double tungstates of potassium, rubidium and cesium with trivalent metals Al, Ge, Cr and Fe [O dvojnyh vol'framatah kalija, rubidija i cezija s trehvalentnymi metallami Al, Ge, Cr i Fe]. Russian Journal of Inorganic Chemistry. 1975. Vol. 20. No. 8. Pp. 2104–2107. (rus)

20. Kovalenko L.Ju., Burmistrov V.A., Zahar'evich D.A. The composition and structure of phases, formed in the thermolysis of substitutional solid solutions $H_2Sb_{2-x}V_xO_6 \cdot nH_2O$ [Sostav i struktura faz, obrazujushhihsja pri termolize tverdyh rastvorov zameshhenija $H_2Sb_{2-x}V_xO_6 \cdot nH_2O$]. Condensed Matter and Interphases. 2020. Vol. 22, No. 1. Pp. 75–83. DOI:10.17308/kcmf.2020.22/2507. (rus)

Information about the authors

Moroz, Yaroslav A. PhD. E-mail: jaroslavchem@mail.ru. L.M. Litvinenko Institute of Physical Organic and Coal Chemistry, Ukraine, 83114, Donetsk, R. Luxemburg st., 70.

Lozynskyy, Mykola S. PhD. E-mail: lozynsky58@mail.ru. L.M. Litvinenko Institute of Physical Organic and Coal Chemistry, Ukraine, 83114, Donetsk, R. Luxemburg st., 70.

Loponov, Alexandr N. DSc, Professor Department of life safety. E-mail: alopunov@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Chebyshev, Konstantin A. Research worker. E-mail: chebyshev.konst@mail.ru. Donetsk National University, Ukraine, 83001, Donetsk, Universitetskaya st. 24.

Burkhovetsky, Valery V. Research worker. E-mail: val-bur@ukr.net. Donetsk Institute for Physics and Engineering named after A.A. Galkin, Ukraine, 83114, Donetsk, R. Luxemburg st., 72.

Received 14.12.2020

Для цитирования:

Мороз Я.А., Лозинский Н.С., Лопанов А.Н., Чебышев К.А., Бурховецкий В.В. Исследование продуктов термолiza вольфрамфосфатов цезия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 126–135. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-126-135

For citation:

Moroz Y.A., Lozynskyy M.S., Loponov A.N. Chebyshev K.A., Burkhovetsky V.V. The research of the thermolysis products of cesium tungstophosphates. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 126–135. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-126-135

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-136-144

Аникеева О.В., Ивахненко А.Г., *Сторублев М.Л.

Юго-Западный государственный университет

*E-mail: max100rublev@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПОДСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Аннотация. В статье описан механизм формирования значений показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем промышленного предприятия для достижения целей в области качества при ступенчатом управлении. Отмечено, что для достижения целей в области качества на предприятии следует учитывать взаимосвязь и взаимодействие подсистем промышленного предприятия. Применение механизма формирования значений показателей позволяет определить значения или области значений показателей подсистем промышленного предприятия, при которых обеспечивается достижение целей в области качества.

В результате исследования механизма формирования значений показателей подсистем установлены направления влияния изменения значений элементов матрицы системных свойств на достигаемые значения целей в области качества. Представлены варианты изменения значений элементов матрицы системных свойств, характеризующих сложность достижения целей в области качества, потенциал предприятия и организационное сопротивление, возникающее при достижении целей. Показано, что при формировании значений или области значений показателей подсистем промышленных предприятий, обеспечивающих достижение целей в области качества, необходимо учитывать потенциальные возможности предприятия. Рассмотрен пример применения механизма формирования значений показателей подсистем промышленного предприятия, при которых будут достигнуты цели в области качества.

Ключевые слова: подсистема промышленного предприятия, цели в области качества, процесс, взаимодействие, модель динамики качества.

Введение. При функционировании систем менеджмента качества (СМК) промышленных предприятий для достижения целей в области качества на предприятии следует учитывать взаимосвязь и взаимодействие социально-экономической (СЭП), организационной (ОП) и технической подсистем (ТП) [1–8].

Каждая из подсистем характеризуется показателями, значения или области значений которых обеспечивают достижение целей в области качества промышленного предприятия.

Задачей данной работы является исследование механизма формирования значений показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем для достижения целей в области качества при ступенчатом управлении.

Материалы и методы. Для указанных в работах [11, 12] составляющих уравнений динамики все показатели подсистем промышленных предприятий классифицируем как: $m(S_1)$, $m(S_2)$, $m(S_3)$ – показатели социально-экономической, организационной, технической подсистем соот-

ветственно, характеризующие сложность достижения целей в области качества; $h(S_1)$, $h(S_2)$, $h(S_3)$ – показатели социально-экономической, организационной, технической подсистем соответственно, учитывающие организационное сопротивление, возникающее при достижении целей в области качества; $c(S_1)$, $c(S_2)$, $c(S_3)$ – показатели социально-экономической, организационной, технической подсистем соответственно, характеризующие потенциал предприятия при достижении целей в области качества.

Основная часть. Механизм формирования значений показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем будет включать следующие этапы.

Этап 1. Идентификация, классификация и формирование совокупности показателей, характеризующих деятельность промышленного предприятия, как показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем: (S_1) , (S_2) , (S_3) . Далее показатели каждой из подсистем относят к показателям, характеризующим сложность, организационное сопротивление

и потенциал: $m(S_1), h(S_1), c(S_1), m(S_2), h(S_2), c(S_2), m(S_3), h(S_3), c(S_3)$.

На основании сформированной совокупности показателей определяются элементы матрицы A , определяющей собственные свойства СМК в линейной модели динамики качества [8–

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{31} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{42} & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $a_{31} \dots a_{44}$ – коэффициенты матрицы A системных свойств деятельности предприятия, при этом:

$a_{31} = -c_1/m_1, a_{32} = V_1 a_{42}, a_{33} = -h_1/m_1, a_{34} = V_2 a_{44}, a_{41} = V_3 a_{31}, a_{42} = -c_2/m_2, a_{43} = V_4 a_{33}, a_{44} = -h_2/m_2$;

c_1, c_2 – коэффициенты потенциала предприятия при достижении первой и второй целей в области качества;

h_1, h_2 – коэффициенты сопротивления, возникающего при достижении первой и второй целей в области качества;

m_1, m_2 – коэффициенты уровней сложности деятельности предприятия при достижении первой и второй целей в области качества;

$V_1 \dots V_4$ – параметры, отражающие взаимодействие составляющих потенциала и организационного сопротивления, при этом:

V_1, V_3 – параметры, отражающие долю удельного потенциала, направленного на достижение второй/первой цели, который используется для достижения первой/второй цели, соответственно;

V_2, V_4 – параметры, отражающие долю удельного сопротивления, возникающего при достижении второй/первой цели, которое препятствует достижению первой/второй цели, соответственно;

x_1, x_2 – текущие значения первой и второй целей в области качества;

x_3, x_4 – скорости изменения первой и второй целей в области качества;

b_{31}, b_{42} – коэффициенты управляющих воздействий при достижении первой и второй целей, соответственно;

u_1, u_2 – значения поставленных целей в области качества, которые предприятие должно достичь в течение планового периода.

Этап 2. На данном этапе происходит определение элементов матрицы B – параметров управляющих воздействий. При определении элементов матрицы B необходимо установить их связи с управляющими воздействиями $U(t)$ и элементами матрицы A . Решение (1) позволяет определить такие значения целей в области качества, которые будут достигнуты при соответствующих

11]. Процесс формирования составляющих системной матрицы с учетом взаимодействия социально-экономической, организационной и технической подсистем описан в работах [2, 13]. Модель СМК предприятия при ступенчатом законе управления и наличии двух целей в области качества имеет вид:

значениях матриц A и B . Предлагаемые для реализации данного этапа подходы представлены в работах [2, 11].

Этап 3. Определение, по итогам реализации первых двух этапов, всех элементов модели (1) позволяет выполнить сравнение полученных и требуемых значений целей в области качества. В результате сравнения определяется величина значения невыполнения показателей, как разница между достигнутыми $x_i(t)$ и требуемыми $[x_i(t)]$ значениями целей в области качества.

Этап 4. При невыполнении показателей определяем направление влияния изменения значений элементов системных свойств деятельности предприятия на изменение значений целей в области качества.

С учетом направления влияния изменения значений элементов матрицы системных свойств на значения целей в области качества посредством моделирования определяются значения элементов матрицы A , при которых цели в области качества будут достигнуты.

Так как значения коэффициентов потенциала предприятия (c_1, c_2); коэффициентов сопротивления (h_1, h_2); коэффициентов уровней сложности (m_1, m_2) определяются значениями показателей подсистем $m(S_1), h(S_1), c(S_1), m(S_2), h(S_2), c(S_2), m(S_3), h(S_3), c(S_3)$, то, на основании полученных при моделировании значений элементов матрицы A определяются значения показателей подсистем, при которых цели в области качества будут достигнуты – требуемые значения.

Далее на основании имеющихся на предприятии данных, в том числе с помощью методов теоретической квалиметрии [14–16], выполняется оценка возможностей предприятия по изменению показателей подсистем. В результате определяются потенциальные значения или область значений показателей подсистем, которые могут быть обеспечены на предприятии.

Формирование значений или области значений показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем $m_c(S_1), h_c(S_1), c_c(S_1), m_c(S_2), h_c(S_2), c_c(S_2), m_c(S_3), h_c(S_3), c_c(S_3)$.

$c_c(S_3)$ необходимых для достижения целей в области качества выполняется на основании сравнения результатов оценки возможностей предприятия – потенциальных значений $m_p(S_1)$, $h_p(S_1)$, $c_p(S_1)$, $m_p(S_2)$, $h_p(S_2)$, $c_p(S_2)$, $m_p(S_3)$, $h_p(S_3)$, $c_p(S_3)$ и

значений показателей, полученных в результате моделирования – требуемых значений $m_t(S_1)$, $h_t(S_1)$, $c_t(S_1)$, $m_t(S_2)$, $h_t(S_2)$, $c_t(S_2)$, $m_t(S_3)$, $h_t(S_3)$, $c_t(S_3)$ (рис. 1).

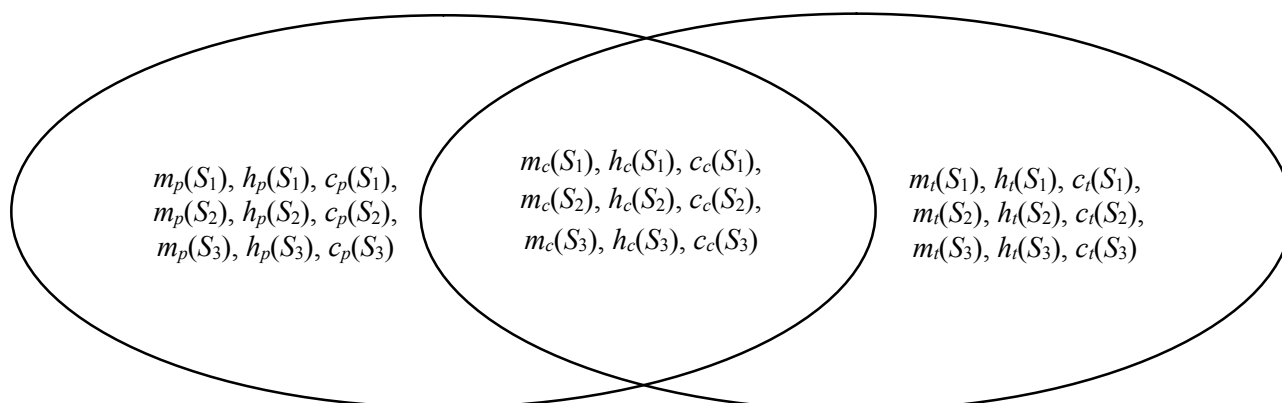


Рис. 1. Формирование значений показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем

Рассмотрим предлагаемый механизм на примере деятельности ЗАО «Салют» за 2014 год [17-20]. На основании ранее выполненных исследований и полученных результатов оценки деятельности имеем данные, соответствующие первым двум этапам механизма формирования показателей подсистем промышленного предприятия при ступенчатом управлении:

- элементы системных свойств деятельности предприятия: $a_{31} = -0,71$, $a_{32} = 0,077$, $a_{33} = -0,826$, $a_{34} = 0,086$, $a_{41} = 0,653$, $a_{42} = -0,773$, $a_{43} = 0,76$, $a_{44} = -0,864$ ($V_1 = 0,1$; $V_2 = -0,1$, $V_3 = 0,92$; $V_4 = -0,92$);

- коэффициенты управляющих воздействий при достижении первой и второй целей: $b_{31} = 0,358$, $b_{42} = 0,63$.

Достигнутые значения целей в области качества на конец года, с учетом описанных выше условий, составили: $x_1 = 0,176$ и $x_2 = 0,837$. При этом требуемые значения целей имеют следующие значения $[x_1] = 0,186$, $[x_2] = 0,85$. Таким образом, обе цели при полученных значениях элементов модели (1) не достигаются.

При решении модели (1) были установлены направления влияния изменения значений элементов матрицы системных свойств на достигаемые значения целей в области качества:

- 1) увеличение $|a_{31}|$, $|a_{32}|$ приводит к увеличению значения x_1 ;
- 2) увеличение $|a_{41}|$, $|a_{42}|$ приводит к увеличению значения x_2 ;
- 3) увеличение $|a_{33}|$, $|a_{34}|$ приводит к уменьшению значения x_1 ;
- 4) увеличение $|a_{43}|$, $|a_{44}|$ приводит к уменьшению значения x_2 ;

5) для увеличения значения x_1 : $V_1 \rightarrow 1$, $V_2 \rightarrow -1$;

6) для увеличения значения x_2 : $V_3 \rightarrow 1$, $V_4 \rightarrow -1$;

7) увеличение значения x_1 ведет к увеличению значения x_2 , если $V_1 \in (0;1]$, $V_2 \in [-1;0)$ – цели x_1 и x_2 согласованы между собой;

8) увеличение значения x_2 ведет к увеличению значения x_1 , если $V_3 \in (0;1]$, $V_4 \in [-1;0)$ – цели x_1 и x_2 согласованы между собой.

С учетом ранее представленных зависимостей матрицу системных свойств модели (1) можно представить:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{c_1}{m_1} & -V_1 \frac{c_2}{m_2} & -\frac{h_1}{m_1} & -V_2 \frac{h_2}{m_2} \\ -V_3 \frac{c_1}{m_1} & -\frac{c_2}{m_2} & -V_4 \frac{h_1}{m_1} & -\frac{h_2}{m_2} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Таким образом, для увеличения значений целей в области качества могут быть использованы следующие варианты изменения значений элементов матрицы системных свойств:

- 1) увеличение соответствующих коэффициентов потенциала предприятия c_1 , c_2 , $m_1 \approx \text{const}$, $m_2 \approx \text{const}$, $h_1 \approx \text{const}$, $h_2 \approx \text{const}$;
- 2) уменьшение соответствующих коэффициентов сопротивления h_1 , h_2 , $c_1 \approx \text{const}$, $c_2 \approx \text{const}$, $m_1 \approx \text{const}$, $m_2 \approx \text{const}$;
- 3) увеличение соответствующих коэффициентов потенциала предприятия c_1 , c_2 и уменьшение соответствующих коэффициентов сопротивления h_1 , h_2 , $m_1 \approx \text{const}$, $m_2 \approx \text{const}$;
- 4) изменение соответствующих коэффициентов потенциала предприятия c_1 , c_2 , коэффици-

ентов сопротивления h_1, h_2 , коэффициентов уровней сложности деятельности предприятия m_1, m_2 таким образом, чтобы коэффициенты $a_{31}, a_{32}, a_{41}, a_{42}$ уменьшались, а коэффициенты $a_{33}, a_{34}, a_{43}, a_{44}$ увеличивались.

В результате моделирования для рассматриваемого предприятия были получены значения

элементов системных свойств деятельности $a_{31}, a_{33}, a_{42}, a_{44}$, при которых будут достигнуты обе цели в области качества. Некоторые из возможных вариантов представлены в таблице 1. Зондирование пространства элементов матрицы системных свойств деятельности проводилось с шагом 0,1.

Таблица 1

Значения элементов системных свойств деятельности и целей в области качества

№ п/п	a_{31}	a_{33}	a_{42}	a_{44}	x_1	x_2	$V_{1...4}$
1	-2,2	-0,9	-1,5	-0,9	0,18571	0,85858	$V_1 = 0,1; V_2 = -0,1, V_3 = 0,92; V_4 = -0,92$
2	-2,2	-0,8	-1,5	-0,9	0,18625	0,85810	
3	-2,1	-0,9	-1,5	-0,9	0,18531	0,85816	
4	-2,1	-0,9	-1,6	-0,9	0,18540	0,85895	
5	-1,4	-0,8	-1,4	-0,8	0,18549	0,85600	$V_1 = 0,25; V_2 = -0,2, V_3 = 0,96; V_4 = -0,96$
6	-1,4	-0,8	-1,4	-0,9	0,18576	0,85452	
7	-1,4	-0,9	-1,4	-0,9	0,18523	0,85498	
8	-1,3	-1	-1,5	-1,1	0,18500	0,85304	

Для одновременного достижения обеих целей в области качества, необходимо изменение значений элементов системных свойств деятельности $a_{31}, a_{33}, a_{42}, a_{44}$. Данные изменения характеризует изменение показателей прибыли, рентабельности производства, привлечение дополнительных материальных ресурсов, материально-техническую оснащенность производства и т.д. При этом необходимо учитывать изменения параметров взаимодействия потенциала и организационного сопротивления $V_{1...4}$. Очевидно, что привлечение дополнительных ресурсов приведет к увеличению значений элементов a_{31}, a_{42} (рост потенциала предприятия), что в свою очередь повлечет изменение показателей, характеризующие сложность достижения целей в области качества и показателей, учитывающих организационное сопротивление, возникающее при достижении целей в области качества, а также параметров $V_{1...4}$.

Из данных таблицы 1 следует, что для достижения обеих целей в области качества необходимо:

- для $V_1 = 0,1; V_2 = -0,1, V_3 = 0,92; V_4 = -0,92$ (изменение параметров взаимодействия потенциала и организационного сопротивления для рассматриваемого предприятия не выполнялось): $a_{31} \leq -2,1, a_{33} \geq -0,9, a_{42} \leq -1,5, a_{44} \geq -0,9$;

- для $V_1 = 0,25; V_2 = -0,2, V_3 = 0,96$ (выполнялось изменение параметров взаимодействия потенциала и организационного сопротивления в связи с возможностью привлечения дополнительных ресурсов): $a_{31} \leq -1,4, a_{33} \geq -1, a_{42} \leq -1,5, a_{44} \geq -1,1$.

Для показателей социально-экономической (коэффициент информационной вооруженности, коэффициент абсолютной ликвидности, коэффициент отношения заемных средств к собственным, коэффициент текучести кадров, коэффициент социальных льгот в объеме чистой прибыли, коэффициент (удельный вес) социальных льгот в фонде заработной платы), организационной (коэффициент автономии, коэффициент текущей деятельности предприятия) и технической (коэффициент обновления, коэффициент механизации (автоматизации) труда, коэффициент инновационного потенциала) подсистем были установлены потенциальные значения показателей подсистем, которые могут быть достигнуты предприятием (таблица 2, столбец 2).

На основании данных таблицы 2 (столбец 2) были рассчитаны значения элементов системных свойств деятельности и целей в области качества при потенциальных значениях показателей подсистем (таблица 3).

Таким образом, потенциальные значения показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем не обеспечивают достижение обеих поставленных целей.

Для решения поставленной задачи необходимо выполнение следующих условий: $a_{31} \leq -1,4, a_{33} \geq -1, a_{42} \leq -1,5, a_{44} \geq -1,1$.

Значения показателей подсистем промышленного предприятия, при которых будут достигнуты цели в области качества, определялись посредством моделирования и представлены в таблице 2 (столбец 3).

Таблица 2

Значения показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем

Наименование показателя	Потенциальные значения	Значения, полученные по итогам моделирования
X1 (коэффициент обновления)	0,15	0,17
X2 (коэффициент абсолютной ликвидности)	1,1	1,2
X3 (коэффициент автономии)	1	1,19
X4 (коэффициент отношения заемных средств к собственным)	0,4	0,5
X5 (коэффициент текучести кадров)	0,2	0,4
X6 (коэффициент информационной вооруженности)	1,4	1,25
X7 (коэффициент (удельный вес) социальных льгот в объеме чистой прибыли)	0,03	0,04
X8 (коэффициент (удельный вес) социальных льгот в фонде заработной платы)	0,3	0,4
X10 (коэффициент текущей деятельности предприятия)	1,2	1,4
X11 (коэффициент инновационного потенциала)	0,9	1,33
X12 (коэффициент механизации (автоматизации) труда)	0,7	0,7

Таблица 3

Значения элементов системных свойств деятельности и целей в области качества при потенциальных значениях показателей подсистем

a_{31}	a_{33}	a_{42}	a_{44}	x_1	x_2
-1,116	-0,858	-1,220	-0,910	0,18371	0,85164

При полученных в результате моделирования значениях показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем получим значения элементов системных

свойств деятельности, удовлетворяющим условиям $a_{31} \leq -1,4$, $a_{33} \geq -1$, $a_{42} \leq -1,5$, $a_{44} \geq -1,1$ что обеспечит достижение обеих целей в области качества (таблица 4).

Таблица 4

Значения элементов системных свойств деятельности и целей в области качества при полученных в результате моделирования значениях показателей подсистем

a_{31}	a_{33}	a_{42}	a_{44}	x_1	x_2
-1,408	-0,954	-1,554	-1,027	0,18566	0,85477

Таким образом, достижение обеих целей в области качества на рассматриваемом предприятии исходя из оценки возможностей предприятия в рассматриваемом периоде времени невозможно. Для достижения поставленных целей необходимо привлечение дополнительных ресурсов, совершенствование процессов СМК.

Выводы.

1. Описан один из вариантов механизма формирования значений показателей социально-экономической, организационной и технической подсистем промышленного предприятия для достижения целей в области качества при ступенчатом управлении.

2. Установлены направления влияния и представлены варианты изменения значений элементов матрицы системных свойств на достигаемые значения целей в области качества.

3. При формировании значений или области значений показателей подсистем промышленных предприятий, обеспечивающих достижение целей в области качества, необходимо учитывать потенциальные возможности предприятия.

Источник финансирования. РФФИ, научный проект № 19-01-00015.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2018. 48 с.

2. Ивахненко А.Г., Анисеева О.В. Взаимодействие подсистем промышленных предприятий при целевом управлении в области качества // Сб. статей Всероссийской научно-технической конференции «Управление качеством в образовании и промышленности». Севастополь, 21-22 мая 2020 г. Севастополь: Изд-во ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2020. С. 151–157.
3. Качкова О.Е., Косолапов М.В., Свободин В.А. Экономический анализ хозяйственной деятельности: учебник. М.: КНОРУС, 2016. 360 с.
4. Орешкина Н.С. Исследование уровня взаимосвязанности подсистем предприятия при их воздействии на устойчивость развития // Сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием «Цифровая трансформация экономики и промышленности». Под редакцией А.В. Бабкина. Санкт-Петербург, 20-22 июня 2019 г. Санкт-Петербург: Изд-во ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 474–483.
5. Алабугин А.А., Орешкина Н.С. Концептуальный подход для обеспечения согласованности воздействий подсистем предприятия на устойчивость развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. Том 12. № 4. 2019. С. 170–179.
6. Захаров В.А. Операционная система промышленного предприятия // Бизнес информатика. 2015. № 11 (454). С. 400–405.
7. Светульников С.Г., Смолькин В.П. Подход к оценке устойчивого развития промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и права. 2014. № 2. С. 89–94.
8. Никитин С.П., Логинова А.М. Реализация процессного и системного подходов на основе математического моделирования сети производственных процессов // Методы менеджмента качества. № 9. 2006. С. 8–12.
9. Александров А.Г., Артемьев В.М., Афанасьев В.Н. и др. Справочник по теории автоматического управления // Под ред. А.А. Красовского. М.: Наука, 1987. 711 с.
10. Guryanova L., Nikolaiev I., Zhovnovach R. and other. Modelling of the enterprise functioning stability using the automatic control theory apparatus // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. № 3 (88). Pp. 45–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.108936.
11. Ивахненко А.Г., Анисеева О.В., Сторублев М.Л. Модель управления качеством продукции и деятельности предприятия в пространстве состояний // Автоматизация в промышленности. 2019. № 8. С. 36–38.
12. Ивахненко А.Г., Анисеева О.В., Сторублев М.Л. Моделирование целенаправленной деятельности предприятия в области качества // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2019. № 51 (77). С. 104–108.
13. Сторублев М.Л. Формирование системной матрицы при целевом управлении в области качества // Сб. статей Всероссийской научно-технической конференции «Управление качеством в образовании и промышленности». Севастополь, 21-22 мая 2020 г. Севастополь: Изд-во ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2020. С. 377–386.
14. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садов В.В. Квалиметрия для всех: Учебное пособие. М.: Изд-во «ИД ИнформЗнание», 2012. 165 с.
15. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ: Учебное пособие. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. 440 с.
16. Барвинок В.А., Чекмарев А.Н., Еськина Е.В. Роль квалиметрии в повышении конкурентоспособности изделий машиностроения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Том 16, №6 (2). С. 364–370.
17. Ивахненко А.Г., Анисеева О.В. Моделирование взаимодействия подсистем промышленных предприятий при обеспечении качества продукции // Сб. трудов международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях-ММТТ-33». Под общ. ред. А.А. Большакова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. Т.8. С. 77–81.
18. Анисеева О.В., Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л. Верификация линейной модели динамики качества при исследовании целенаправленной деятельности промышленного предприятия // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2020. № 3. С. 154–163.
19. Максимова Н.А. Разработка методов и моделей принятия оптимальных управленческих решений для обеспечения организационной устойчивости предприятий текстильной и легкой промышленности на базе совершенствования организации складского хозяйства: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.22. Санкт-Петербург. 2019. 154 с.
20. Максимова Н.А. Анализ различных классификаций факторов, влияющих на финансовую устойчивость организации // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. 2016. №2. С. 104–105.

Информация об авторах

Аникеева Олеся Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры стандартизации, метрологии, управления качеством, технологии и дизайна. E-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru. Юго-Западный государственный университет, Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Ивахненко Александр Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры стандартизации, метрологии, управления качеством, технологии и дизайна. E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru. Юго-Западный государственный университет, Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Сторублев Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры стандартизации, метрологии, управления качеством, технологии и дизайна. E-mail: max100rublev@yandex.ru. Юго-Западный государственный университет, Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Поступила 22.11.2020 г.

© Аникеева О.В., Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л., 2020

*Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G., *Storublev M.L.*

Southwest state university

**E-mail: max100rublev@yandex.ru*

IMPACT OF IMPREGNATING MATERIALS WITH DIFFERENT BASES ON ASPHALT CONCRETE

Abstract. Highways are the most important component of country's economic development. They are a complex of engineering structures that are subject to various kinds of deformations during operation. The causes of premature defects are outdated technologies, poor quality materials, high traffic loads, and weather conditions. On average, after 2–3 years of the new road operation, pits, overflows, potholes, cracks, rutting occur on asphalt concrete pavement, its presence worsens the traffic conditions on the road and violates the unimpeded passage of cars. To extend the life cycle of a transport object, there are preventive measures that prevent the destruction of road surfaces. Such activities include regular maintenance and repair work. One of the effective measures is the use of road impregnation materials (RIM). Road-impregnation materials are used in case of need to prevent aging of the organic binder in the composition of asphalt concrete in the coating, as well as to reduce the impact of external factors. In this article, the influence of the basis of the impregnating material of two manufacturers on the indicators of the properties of asphalt concrete of various degrees of destruction is investigated. Among the considered impregnating compositions, solvent-based road impregnation materials proved to be the most effective. It has been established that the abrasive effect on samples of asphalt concrete significantly reduces the effectiveness of impregnating materials, especially based on bitumen emulsion.

Keywords: road impregnation materials (RIM), protection and restoration of asphalt concrete.

REFERENCES

1. ISO 9001:2015 Quality management systems. Fundamentals and vocabulary [GOST R ISO 9001-2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar']. M.: Standardized, 2018. 48 p. (rus)
2. Ivakhnenko A.G., Anikeeva O.V. Interaction of subsystems of industrial enterprises in target management in the field of quality [Issledovanie urovnja vzaimosvjazannosti podsistem predpriyatija pri ih vozdejstvii na ustojchivost' razvitija]. Collected papers of the All-Russian Scientific and Technical Conference "Quality Management in Education and Industry." Sevastopol, May 21-22, 2020 Sevastopol: Publishing House "Sevastopol State University," 2020. Pp. 151–157. (rus)
3. Kachkova O.E., Kosolapov M.V., Svobodin V.A. Economic analysis of economic activities: textbook [Ekonomicheskij analiz hozjajstvennoj dejatel'nosti: uchebnik]. M.: KNORUS, 2016. 360 p. (rus)
4. Oreshkina N.S. Study of the level of interconnectedness of enterprise subsystems in their impact on the sustainability of development [Issledovanie urovnja vzaimosvjazannosti podsistem predpriyatija pri ih vozdejstvii na ustojchivost' razvitija]. Collected papers of a scientific and practical conference with foreign participation "Digital transformation of economy and industry." Edited by A.V. Babkin. St. Petersburg, June 20-22, 2019 St. Petersburg: POLITECH-PRESS Publishing House, 2019. Pp. 474–483. (rus)
5. Alabugin A.A., Oreshkina N.S. Conceptual approach to ensure consistency of impacts of enter-

prise subsystems on development stability [Kontseptual'nyj podhod dlja obespechenija soglasovannosti vozdeystvij podsystem predpriyatija na ustojchivost' razvitiya]. Scientific and technical statements of SPbGPU. Economic sciences. Vol. 12. No. 4. 2019. Pp. 170–179. (rus)

6. Zakharov V.A. Operating system of an industrial enterprise [Operatsionnaja sistema promyshlennogo predpriyatija]. Business informatics. 2015. No. 11 (454). Pp. 400–405. (rus)

7. Svetunkov S.G., Smolkin V.P. Approach to assessing the sustainable development of an industrial enterprise [Podhod k otsenke ustojchivogo razvitiya promyshlennogo predpriyatija]. Current problems of economics and law. 2014. No. 2. Pp. 89–94. (rus)

8. Nikitin S.P., Loginova A.M. Implementation of process and system approaches based on mathematical modeling of the network of production processes [Realizatsija protsessnogo i sistemnogo podhodov na osnove matematicheskogo modelirovaniya seti proizvodstvennyh protsessov]. Quality management methods. No. 9. 2006. Pp. 8–12. (rus)

9. Alexandrov A.G., Artemyev V.M., Afanasyev V.N. and others. Handbook on the theory of automatic control [Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya] Ed. A.A. Krasovsky. M.: Science, 1987. 711 p. (rus)

10. Guryanova L., Nikolaiev I., Zhovnovach R. and other. Modelling of the enterprise functioning stability using the automatic control theory apparatus. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. № 3 (88). Pp. 45–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.108936.

11. Ivakhnenko A.G., Anikeeva O.V., Storablev M.L. Model of product quality management and enterprise activity in the state space [Model' upravleniya kachestvom produktsii i dejatel'nosti predpriyatija v prostranstve sostojanij]. Automation in industry. 2019. No.8. Pp. 36–38. (rus)

12. Ivakhnenko A.G., Anikeeva O.V., Storablev M.L. Modeling of the targeted activity of the enterprise in the field of quality [Modelirovanie tselenapravlennoj dejatel'nosti predpriyatija v oblasti kachestva] Izvestia of the St. Petersburg State Technological Institute (technical university). 2019. No. 51 (77). Pp. 104–108. (rus)

13. Storablev M.L. Formation of system matrix at target management in quality [Formirovanie sistemnoj matritsy pri tselevom upravlenii v oblasti kachestva]. Collected papers of the All-Russian Scientific and Technical Conference "Quality Management in Education and Industry." Sevastopol, May 21–22, 2020 Sevastopol: Publishing House "Sevastopol State University," 2020. Pp. 377–386. (rus)

14. Azgaldov G.G., Kostin A.V., Sadov V.V. Qualimetry for all: Textbook [Kvalimetrija dlja vseh: Uchebnoe posobie]. M.: Publishing House "ID Inform Knowledge," 2012. 165 p. (rus)

15. Kirillov V.I. Qualification and System Analysis: Tutorial [Kvalimetrija i sistemnyj analiz: Uchebnoe posobie]. Minsk: New knowledge; M.: INFRA-M, 2011. 440 p. (rus)

16. Barvinok V.A., Chekmarev A.N., Yeskina E.V. The role of qualification in increasing the competitiveness of mechanical engineering products [Rol' kvalimetrii v povyshenii konkurentosposobnosti izdelij mashinostroenija]. Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2014. Vol. 16, No. 6 (2). Pp. 364–370. (rus)

17. Ivakhnenko A.G., Anikeeva O.V. Modeling the interaction of subsystems of industrial enterprises with ensuring product quality [Modelirovanie vzaimodejstviya podsystem promyshlennyh predpriyatij pri obespechenii kachestva produktsii]. Collected papers of the international scientific conference "Mathematical Methods in Technology and Technology-MMTT-33." Under the general. ed. A. A. Bolshakov. St. Petersburg: Publishing House Polytechnic. un-ta, 2020. Vol. 8. Pp. 77–81. (rus)

18. Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G., Storablev M.L. Verification of a linear model of quality dynamics in the study of the focused activities of an industrial enterprise [Verifikatsija linejnoy modeli dinamiki kachestva pri issledovanii tselenapravlennoj dejatel'nosti promyshlennogo predpriyatija]. Fundamental and applied problems of technology and technology. 2020. No. 3. Pp. 154–163. (rus)

19. Maksimova N.A. Developing methods and models for making optimal management decisions to ensure the organizational stability of textile and light industry enterprises on the basis of improving the organization of warehousing [Razrabotka metodov i modelej prinjatija optimal'nyh upravlencheskih reshenij dlja obespecheniya organizatsionnoj ustojchivosti predpriyatij tekstil'noj i legkoj promyshlennosti na baze sovershenstvovaniya organizatsii skladskogo hozjajstva]: dissertation for the degree of candidate of technical sciences: 05.02.22. St. Petersburg. 2019. 154 p. (rus)

20. Maximova N.A. Analysis of various classifications of factors affecting the financial stability of the organization [Analiz razlichnyh klassifikatsij faktorov, vlijajuschih na finansovuju ustojchivost' organizatsii]. Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1. Natural and technical sciences. 2016. No.2. Pp. 104–105. (rus)

Information about the authors

Anikeeva, Olesya V. PhD, Assistant professor. E-mail: olesya-anikeeva@yandex.ru. Southwest state university. Russia, 305040, Kursk, 50 years of October st., 94.

Ivakhnenko, Alexander G. DSc, Professor. E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru. Southwest state university. Russia, 305040, Kursk, 50 years of October st., 94.

Storablev, Maxim L. PhD, Assistant professor. E-mail: max100rublev@yandex.ru. Southwest state university. Russia, 305040, Kursk, 50 years of October st., 94.

Received 22.11.2020

Для цитирования:

Аникеева О.В., Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л. Определение показателей взаимодействующих подсистем промышленных предприятий для достижения целей в области качества // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 136–144. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-136-144

For citation:

Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G., Storablev M.L. Identification of indicators of interacting industrial enterprise subsystems for achieving quality management purposes. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 136–144. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-136-144

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-145-150

Фадин Ю.М., *Шеметова О.М.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: olga95kizilova@gmail.com

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ И СМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Изменившаяся экономическая ситуация в данное время создает все условия для пересмотра существующей базы материалов и сырья в строительстве, а также для преобразования и использования ее в дальнейшем. Одним из направлений достижения обозначенной цели является создание новых видов строительных материалов, более действенных и низких по ценовой категории по сравнению с классическими. Можем с полной уверенностью сказать, что к этому направлению относится и развивающаяся разработка сухих строительных смесей. Высокое качество сухих строительных смесей гарантируется стабильностью их состава и свойствами используемых ингредиентов. Экономия времени при использовании качественных сухих строительных смесей позволит получить конечный результат безупречным. Необходимой составной частью при изготовлении сухих строительных смесей является процесс смешивания, который включает в себя подготовку сырья, дозирование, распределение химических добавок. Основным показателем качества готового продукта на производстве ССС является его однородность. Поэтому на технологической линии по производству особое внимание уделяется смесительному участку. Многообразие сыпучих материалов и их свойств способствует созданию и различных видов смесителей для качественного перемешивания компонентов. В статье рассматривается история возникновения сухих строительных смесей и смесительное оборудование для их производства.

Ключевые слова: пневмосмеситель, смешивание, строительные смеси, вихревое смешивание, смеситель, совершенствование.

Введение. Первое упоминание об использовании сухих строительных смесей появилось еще в 6500 году до н.э. Основными компонентами связующего были известь, гипс и др. компоненты, которые пользуются популярностью и в нынешнее время [1]. Прорывом в составе сухих строительных смесей (далее ССС) можно считать тот момент, как впервые в их состав был добавлен портландцемент. С момента появления цемента на строительном рынке (19 век) и до нашего времени ассортимент строительных смесей значительно расширился, и ученые до сих пор проводят испытания в поисках новых композиционных материалов для улучшения качественных характеристик готового материала. В истории развития ССС было несколько значительных этапов видоизменения состава [2]. Например, около 50 лет назад начался этап полимермодифицированных ССС, где в строительную смесь начал добавляться клей ПВА, при добавлении которого между минеральными частицами готового продукта формируется гибкие пленки-мостики, которые на себя берут часть нагрузки при растяжении, выполняющие такую же функцию, как и арматура в железобетоне. С 1960-х годов начался этап добавления редиспергируемых полимеров. Эти полимеры образуют клеи при добавлении воды и не содержат летучих вредных компонентов. Сегодня уже невозможно представить строительство и реконструкцию зда-

ний и помещений без использования модифицированных ССС, качество которых зависит от видов компонентов, их гранулометрического состава, а также главную роль играет качество смешивания компонентов [3].

Материалы и методы. Основные плюсы применения ССС по сравнению с традиционными составами и технологиями следующие [4]:

- лёгкость в работе, простота использования;
- однородность и прочность материала. Все составляющие смеси чётко дозированы, смесь постоянно однородна и стабильна по составу;
- экономичность материала. ССС значительно экономят время при их использовании. Еще сами строительные смеси имеют более высокое качество, и их возможно наносить более тонким слоем;
- адгезивность материала позволяет обрабатывать разные поверхности, не боясь некачественной сцепки материала с поверхностью;
- пластичность готовой ССС разрешает нанесение раствора на различную поверхность;
- данный материал может долго храниться в упаковке, и не утратит своих рабочих характеристик.

При производстве ССС основными этапами, влияющими на качество готового продукта является: подготовка сырья, дозирование, распределение химических добавок. Основным показателем качества готового продукта на производстве

ССС является его однородность. Поэтому на технологической линии по производству особое внимание уделяется смесительному участку [8].

Одними из основных параметров, определяющих качество ССС, являются такие значения, как степень однородности смеси. Степень однородности смеси можно определить, как равномерное распределение в концентрации готового материала компонентов, входящих в состав.

Из всех характеристик, отвечающих за качественное сырье, одной из важных является степень сепарации в момент перемешивания S – центральный абсолютный момент статистической плотности распределения физической плотности компонентов смеси по всему рассматриваемому объему [6]:

$$S = \frac{1}{V \cdot \sum \bar{\rho}_{cm}} \sum_m \sum_n |\rho_i - \bar{\rho}_i| \Delta V_e, \quad (1)$$

где V – объем смеси; ρ_{cm} – средняя плотность смеси; ρ_i – плотность i -го компонента на данном участке смеси; ΔV_e – средняя плотность i -го компонента; m – количество компонентов смеси; n – количество «элементов» – элементарных участков смеси.

Степень однородности, она же и степень сепарации, еще является параметром эффективного смешивания готового продукта [6].

Интенсивность перемешивания характеризуется следующими величинами:

- время, потраченное на достижение необходимой концентрации смеси при постоянном смешении;

- мощность, которая будет потрачена на процесс подведенной к одному объёму или массе готового продукта.

Критерий интенсивности перемешивания универсален, его можно определить, как скорость изменения степени смешивания во времени di/dt .

Скорость смешивания, представляющая собой уменьшение степени сепарации, служит критерием интенсивности процесса смешивания:

$$(dS/dx)' = -k_1 \cdot S. \quad (2)$$

Скорость сепарации, пропорциональная разности масс и текущему значению степени сепарации, выражается отношением:

$$(dS/dx)'' = k_2 (S_{max} - S). \quad (3)$$

Анализ интегральной формы процесса смешивания, который включает в себя как смешивание, так и сепарирование, описывается формулой:

$$S = a + (S_{max} - a) \cdot e^{-kx}, \quad (4)$$

где S – центральный абсолютный момент статистической плотности распределения физической плотности компонентов смеси по всему рассматриваемому объёму; a и k – постоянные, которые

характеризуют перемешивание и зависят от физической природы, состояния компонентов и работы смесительного агрегата; x – показывает движение компонентов в смесительном агрегате (его можно определить движением материала в рабочей камере смесительного агрегата и охарактеризовать меру воздействия механизма смешения на компоненты, которая прямо пропорциональна времени затрачиваемого на перемешивание t , частоте воздействия n механизма на компоненты и количественные составляющие движения компонентов z , т.е. $x = n \cdot t \cdot Z$) [7].

При выборе смесителя или же при его проектировании необходимо также учитывать не менее важный параметр как удельный расход электроэнергии, определяется он количеством энергии, потраченной на количество материала за время процесса смешивания.

Кроме указанных ранее параметров на смешивание оказывает влияние и другие факторы, например, гранулометрический состав компонентов, дозирование и др. Из этого можно сделать вывод о том, что конкретной зависимости перемешивания компонентов не существует. А также еще вносит свое влияние на процесс перемешивания и смеситель и, в зависимости от типа смесителя, можно приблизить процесс смешивания к оптимальному [4].

В приведенных выше зависимостях [4] наиболее труднонаходимыми являются зависимости a и k (постоянные, которые охарактеризовывают перемешивание и зависят от физической природы, состояния компонентов и работы смесительного агрегата). Их находят по методам математической статистики. [9].

Основная часть. Смесителем называют оборудование, при помощи которого можно приготовить однородную смесь, состоящую из двух и более компонентов [8]. Смесительный агрегат может работать, как периодически, так и непрерывно. Смесительный агрегат может перемешивать материал гравитационно (при помощи свободного падения), принудительно (при помощи рабочего органа), а также воздействовать на материал энергоносителем [2]. Ведущими характеристиками любого процесса смешивания являются: расход энергии и эффективность перемешивания. На рис. 1 показана классификация смесительных машин для передовых производств ССС [5].

Из всего ассортимента смесителей набирают востребованность по изготовлению ССС такие смесители, как пневматические [5].

Вихревое смешивание в отличие от других видов смешивания характеризуется большими скоростями энергоносителя с компонентами

смеси [11]. Для создания вихревого потока воздуха при смешивании используется вентилятор или компрессор, регулируемый клапан для изменения скорости энергоносителя, а после смесителя стоят системы очистки газа для улавливания мелких частиц выходящих из разгрузочного патрубка пневмосмесителя [12]. Смеситель может работать как в периодическом цикле, так и в непрерывном. Пневмосмеситель может создать завихрений турбулентный поток в объеме смеси за

время от 15 до 30 секунд, такое же время требуется для оседания частиц после окончания работы пневмосмесителя [13]. Постоянная аэрация смеси во время смешения улучшает ее формуемость и уплотняемость, разрешает готовить высокопрочные смеси до 2 МПа при сохранении производительности смесителя [7]. Существуют несколько видов современных пневмосмесителей (рис. 2) [1].

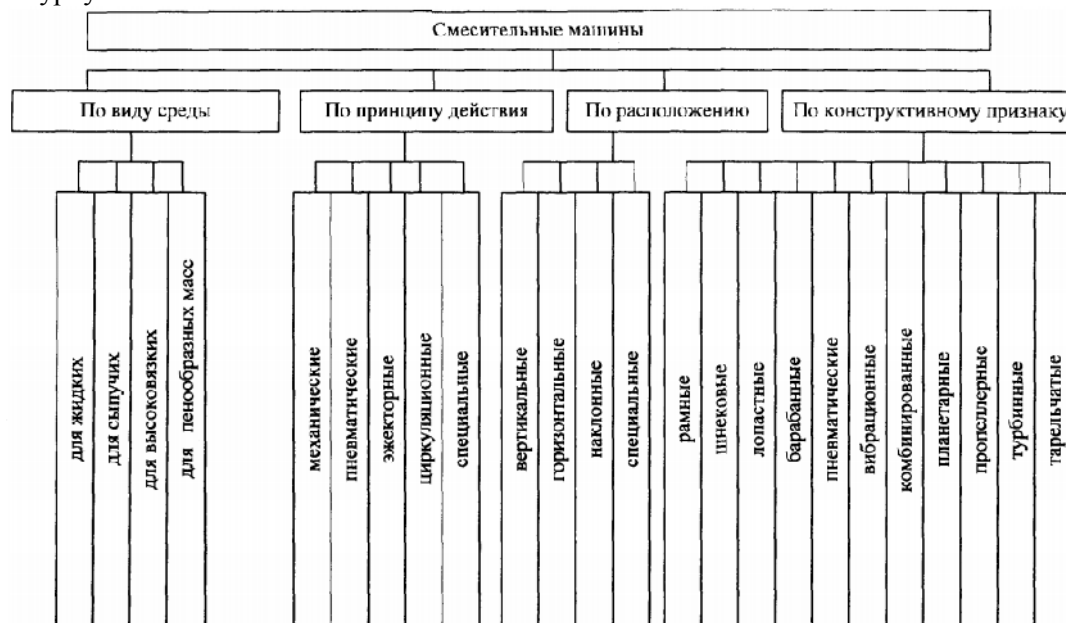


Рис. 1. Классификация смесительных машин для современных производств СССР

Один из них пневмосмеситель с регулируемым потоками воздуха клапаном показан на рис. 2а. Существует смеситель с разделенной на несколько сегментов камерой (рис. 2б), где параметрами этих сегментов можно управлять. Так же существует колонный смеситель, показанный на рис. 2в, который состоит из центральной вытяжной трубы, через которую может течь материал во время смешивания, тем самым повышая эффективность процесса. Зона смешивания расположена непосредственно в центре смесителя. Утверждается, что материал идет вверх по вытяжной трубе, вылетает сверху и далее идет с внешней стороны трубы в нижнюю ее часть для

рециркуляции. Пневмосмеситель можно использовать не только в строительной индустрии, но и в нефтехимической промышленности, в стекольной промышленности, в фармацевтической и др [15].

Главными преимуществами такого смесителя будет являться простота его конструкции, смешивание значительных объемов (до 200 м³), смешивание высокоабразивных и хрупких материалов, низкие удельные энергозатраты, полный контроль процесса смешивания, малый износ рабочих поверхностей, отсутствие мертвых зон [10].

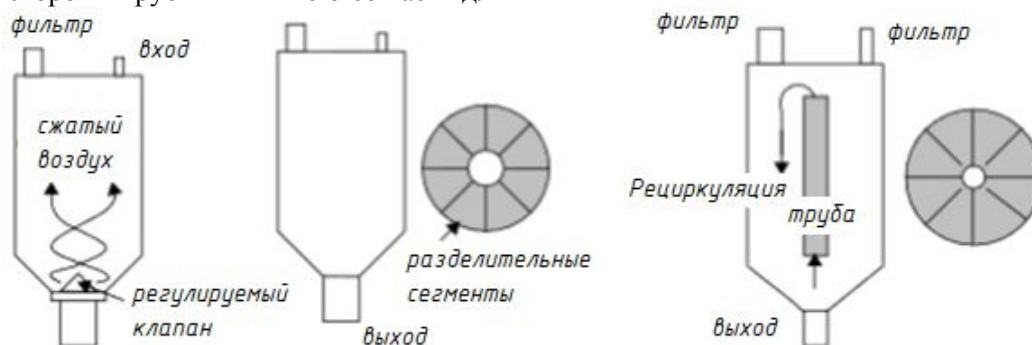


Рис. 2. Пневмосмеситель

а) пневмосмеситель с клапаном; б) пневмосмеситель с сегментами; в) пневмосмеситель с трубой

Выводы. В настоящее время процесс пневматического смешивания сыпучих материалов редко где применяется в связи с малоизученным влиянием энергоносителя на перемешиваемый материал. Но пневмосмесители по сравнению с другими имеют ряд существенных преимуществ, таких как: низкая металлоемкость и отсутствие движущихся части. Именно поэтому в современном научном обществе идет разработка и исследование данных смесительных агрегатов. Для производства ССС важны производительности и качество продукции на предприятии. Применение данных смесителей повысит степень однородности готового продукта за счет интенсификации процесса перемешивания, а также приведет к увеличению производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков, Э.Л. и др. Современное состояние и перспективы развития производства сухих строительных смесей в России // Сб. статей Международной научно-технической конференции «Современные технологии сухих смесей в строительстве». Санкт-Петербург, 2000 г. Санкт-Петербург: Изд-во «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2000. С. 3–5.
2. Корнеев В.И. Сухие строительные смеси. М: РИФ «Стройматериалы», 2010. 320 с.
3. Орехова Т.Н., Агарков А.М., Голубятников А.А. Направления конструктивно-технологического совершенствования пневмосмесителей для производства строительных материалов // Научный альманах. 2015. №3. С. 124–127.
4. Дергунов С.А., Орехов С.А. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства): учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2012. 106 с.
5. Орехова Т.Н. Пневмосмеситель непрерывного действия для производства сухих строительных смесей. Белгород, 2013. 158 с.
6. Лоскутьев Ю.А., Максимов В.М., Веселовский В.В. Механическое оборудование предприятий по производству вяжущих строительных материалов. М.: Машиностроение, 1986. 378 с.
7. Энциклопедия по машиностроению. Общезаводское оборудование. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Web-browser (Internet Explorer). URL: <https://studfile.net/preview/7493544/page:15/> (дата обращения 20.10.2020)
8. Плотников В.А. Разработка и исследование новых смесительных агрегатов непрерывного действия для мелкодисперсных твердых материалов: дисс... канд. техн. наук. М.: МИХМ, 1981. 189 с.
9. Денисов Г.А. Производство и использования сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2011. С. 14–18.
10. Богданов В. С. Механическое оборудование предприятий промышленности стройматериалов. учеб. пособие. Белгород: БелГТАСМ, 1996. 102 с.
11. Orekhova T.N., Krasnov V.V., Demushkin N.P. Trends in the development of modern technology and technologies for mixing bulk materials // News of Science and Education. 2018. No. 4. Pp. 17–20.
12. Arratia P.E., Duong Nhat-hang, Muzzio F.J., Godbole P., Reynolds S. A study of the mixing and segregation mechanisms in the Bohle Tote blender via DEM simulations. Powder Technology. 2006. Vol. 164. Pp. 50–57.
13. R. Weinekötter, H. Gericke. Mixing of solids. Kluwer academic publishers, 2000. 173 p.
14. Dury C.M., Ristow G.H. Competition of mixing and segregation in rotating. Physics of fluids. Vol. 11. 1999. Pp. 1387–1394.
15. Berthiaux H., Mizonov V. Applications of Markov Chains in Particulate Process. Engineering: A Review. The Canadian Journal of Chemical Engineering. No.6. 2004. Pp. 1143–1168.

Информация об авторах

Фадин Юрий Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования. E-mail: fadin.y@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Шеметова Ольга Михайловна, аспирантка кафедры механического оборудования. E-mail: olga95kizilova@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 03.11.2020 г.

© Фадин Ю.М., Шеметова О.М., 2020

Fadin Yu.M., *Shemetova O.M.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: olga95kizilova@gmail.com

DRY MIXTURES AND MIXING EQUIPMENT FOR THEIR PRODUCTION

Abstract. Today's economic situation creates conditions for revising the existing base of materials and raw materials in construction, as well as for transforming and using it in the future. One of the ways to achieve this goal is the creation of new types of building materials, more effective and low in the price category compared to the classic ones. Dry building mixtures belongs to such materials. The high quality of dry building mixes is guaranteed by the stability of their composition and the properties of the ingredients used. Saving time when using high-quality dry building mixes will allow to get an irreproachable end result. A necessary component in the manufacture of dry building mixtures is the mixing process, which includes the preparation of raw materials, dosing and the distribution of chemical additives. The main indicator of the quality of the finished product in the production of dry mixes is its uniformity. Therefore, special attention is paid to the mixing section in the production line. The variety of bulk materials and their properties contributes to the creation of various types of mixers for high-quality mixing of components. The article discusses the history of the emergence of dry building mixes and mixing equipment for production.

Keywords: pneumatic mixer, mixing, building mixtures, vortex mixing, mixer, improvement.

REFERENCES

1. Bolshakov E.L. et al. Current state and development prospects of production of dry building mixtures in Russia [Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya proizvodstva sukhikh stroitel'nykh smesey v Rossii]. Sat. articles of the International Scientific and Technical Conference "Modern technologies of dry mixes in construction". St. Petersburg, 2000, St. Petersburg: Publishing house "STROYMATERIALY", 2000. Pp. 3–5. (rus)
2. Korneev V.I. Dry mixes [Sukhiye stroitel'nyye smesi]. M: RIF "Stroimaterialy", 2010. 320 p. (rus)
3. Orekhova T.N., Agarkov A.M., Golubyatnikov A.A. Directions of constructive and technological improvement of pneumatic mixers for the production of building materials [Napravleniya konstruktivno-tekhnologicheskogo sovershenstvovaniya pnevmosmesiteley dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov]. Scientific Almanac. 2015. No. 3. Pp. 124–127. (rus)
4. Dergunov S.A., Orekhov S.A. Dry building mixtures (composition, technology, properties): a tutorial [Sukhiye stroitel'nyye smesi (sostav, tekhnologiya, svoystva): uchebnoye posobiye]. Orenburg: OSU, 2012. 106 p. (rus)
5. Orekhova T.N. Continuous pneumatic mixer for the production of dry building mixtures [Pnevmosmesitel' nepreryvnogo deystviya dlya proizvodstva sukhikh stroitel'nykh smesey]. Belgorod, 2013. 158 p. (rus)
6. Loskut'ev Yu.A., Maksimov V.M., Veselovsky V.V. Mechanical equipment for enterprises producing cementitious building materials [Mekhanicheskoye oborudovaniye predpriyatiy po proizvodstvu vyazhushchikh stroitel'nykh materialov]. Moscow: Mashinostroenie, 1986. 378 p. (rus)
7. Encyclopedia of Mechanical Engineering. General plant equipment. [Electronic resource] [Enciklopediya po mashinostroeniyu/Obscheyazovskoe oborudovanie. [Elektronnyy resurs]]. System. demands: Web-browser (Internet Explorer). URL: <https://studfile.net/preview/7493544/page:15/> (date of the application 20.10.2020) (rus)
8. Plotnikov V.A. Development and research of new continuous mixing units for finely dispersed solid materials: diss... cand. tech. sciences [Plotnikov V.A. Razrabotka i issledovaniye novykh smesitel'nykh agregatov nepreryvnogo deystviya dlya melkodispersnykh tverdykh materialov: diss... kand. tekhn. nauk]. Moscow: MIKhM, 1981. 189 p. (rus)
9. Denisov G.A. Production and use of dry building mixtures [Proizvodstvo i ispol'zovaniya sukhikh stroitel'nykh smesey]. Dry building mixtures. 2011. Pp. 14–18. (rus)
10. Bogdanov V.S. Mechanical equipment for enterprises of the building materials industry. study. allowance [Mekhanicheskoye oborudovaniye predpriyatiy promyshlennosti stroymaterialov]. Belgorod: BelGTASM, 1996. 102 p. (rus)
11. Orekhova T.N., Krasnov V.V., Demushkin N.P. Trends in the development of modern technology and technologies for mixing bulk materials // News of Science and Education. 2018. No. 4. Pp. 17–20.
12. Arratia P.E., Duong Nhat-hang, Muzzio F.J., Godbole P., Reynolds S. A study of the mixing and segregation mechanisms in the Bohle Tote blender via DEM simulations. Powder Technology. 2006. Vol. 164. Pp. 50–57.
13. Weinekötter R., Gericke H. Mixing of solids. Kluwer academic publishers, 2000. 173 p.
14. Dury C.M., Ristow G.H. Competition of mixing and segregation in rotating. Physics of fluids. Vol. 11. 1999. Pp. 1387–1394.

15. Berthiaux H., Mizonov V. Applications of Markov Chains in Particulate Process. Engineering: A Review. The Canadian Journal of Chemical Engineering. No.6. 2004. Pp. 1143–1168.

Information about the authors

Fadin, Yuri M. PhD, Professor. E-mail: fadin.y@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shemetova, Olga M. Postgraduate student. E-mail: olga95kizilova@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 03.11.2020

Для цитирования:

Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Сухие строительные смеси и смесительное оборудование для их производства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 145–150. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-145-150

For citation:

Fadin Yu. M., Shemetova O.M. Dry mixtures and mixing equipment for their production. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 145–150. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-145-150

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-151-158

***Романович М.А., Романович А.А., Чеховской Е.И., Бутков А.П.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: AlexejRom@yandex.ru

АГРЕГАТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ

Аннотация. В статье приведен анализ свойств горных пород со сланцевой текстурой, обоснована необходимость приложения усилия в направлении наименьшей прочности. Дается анализ отечественных и зарубежных конструкций проектируемого и эксплуатируемого дробильного оборудования, применяемого в процессе получения кубовидного щебня. В результате анализа установлено, что эти агрегаты не приспособлены учитывать специфическую текстуру дробимых материалов и это не позволяет получать кубовидный щебень из сланцевых материалов. Приводится описание новой конструкции пресс-валкового агрегата, позволяющего получать кубовидный щебень из горных пород, имеющих сланцевую текстуру. Пресс-валковый агрегат, включает в себя устройство для направленной подачи сланцевых материалов к его рабочим органам, которые создают силовое воздействие на подаваемые куски породы в требуемом направлении. Приведено описание конструкции зуба рабочего органа, позволяющей значительно сократить время замены износившихся элементов и снизить изгибающие нагрузки, действующие на него. Это приводит к повышению надежности конструкции и позволяет снизить металлоемкость ремонта. Рассмотрена математическая модель направленного движения сланцевых материалов в валковом устройстве и получено уравнение для расчета требуемого усилия. Приведены графические зависимости влияния величины угла установки ролика и его смещения по горизонтали и вертикали на величину деформации слоя подаваемого материала.

Ключевые слова: агрегат, пресс-валковый, ПВИ, сланец, материалы, кубовидный щебень, величина деформации, зубья.

Введение. На сегодня строительная отрасль страны испытывает огромный дефицит в щебеньных материалах. Частичным решением этой проблемы может стать получение кубовидного щебня из горных пород со сланцевой текстурой, которые в больших объемах находятся как на территории России, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Для производства щебня широко используются конусные, щековые, роторные дробилки, позволяющие получать щебень различных фракций, в том числе и кубовидный из горных пород, имеющих изотропную текстуру. Однако, анализ отечественных и зарубежных конструкций проектируемого и эксплуатируемого дробильного оборудования показал, что они не приспособлены к учету текстуры дробимых материалов, что не позволяет получать щебень кубовидной формы из горных пород, имеющих сланцевую текстуру [1-4].

Материалы и методы. При измельчении сланцевых пород в данных агрегатах на выходе продукт имеет низкое процентное содержание кубовидного щебня и большой процент отсева. Кроме того, они характеризуются высокой энергоемкостью и большим удельным расходом породы при производстве тонны кубовидного щебня [5-6].

Анализ свойств горных пород со сланцевой текстурой показал, что они имеют неоднородную плотность и прочность и при их измельчении, с целью получения кубовидного щебня,

необходимо прикладывать силы таким образом, чтобы создаваемое давление воздействовало на кусок поперек продольных слоев с определенным шагом [7].

Основная часть. Учеными БГТУ им. В.Г. Шухова разработан пресс-валковый агрегат с устройством для направленной подачи, который позволяет создавать направленное движение кусков горных пород вдоль своей большей оси к рабочим органам и создавать силовое воздействие в требуемом направлении, что приводит к получению на выходе щебня кубовидной формы.

Пресс-валковый агрегат (рис. 1) состоит из корпуса 7, в котором расположены два вращающиеся навстречу друг другу валки 1 и 8, на которых имеются выступающие клиновидные зубья. По бокам валков имеются реборды 10, предназначенные для удержания материала в рабочей зоне валцов при его подаче и измельчении [8]. Для создания направленной подачи горных пород со сланцевой текстурой в бункере 4 расположено устройство, состоящее из двух подвижных щек 5 и подпружиненных роликов 6 [9-10].

Сами зубья (рис. 2) состоят из держателя 3, на одном конце которого имеется крепление к бандажу по принципу «ласточкин хвост», а на другом – паз для установки наконечника 2. Быстроремонный наконечник 2 выполнен в виде клиновидного зуба с односторонним срезом под углом 35-45°, это необходимо для снижения площади

его контакта с измельчаемым материалом, а следовательно снижения изгибающих нагрузок, действующих на зуб.

Такая конструкция зуба позволит значительно сократить время замены износившихся

элементов без снятия банджа, повысит надежность конструкции и снизит металлоемкость проведения ремонта.

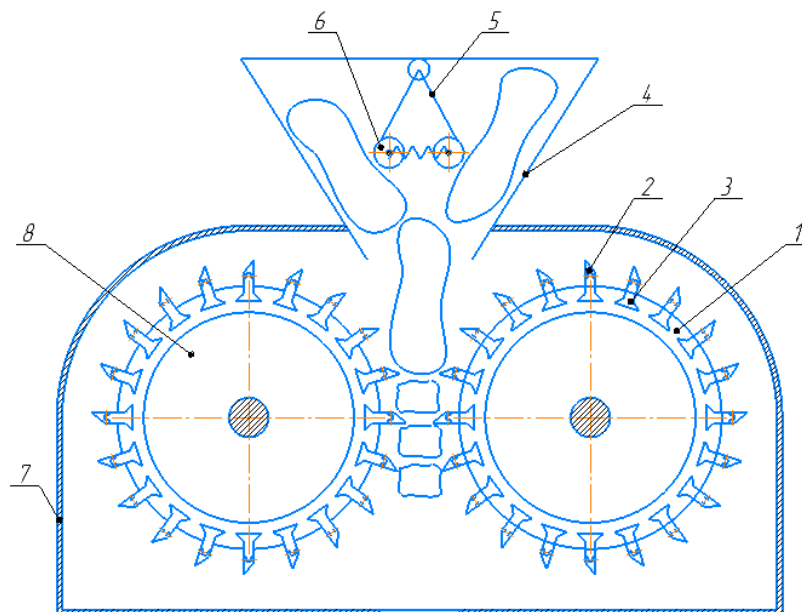


Рис. 1. Пресс-валковый агрегат с устройством для направленной подачи горных пород со сланцевой текстурой:

1 – ведущий валок; 2 – зубья; 3 – держатель; 4 – бункер; 5 – подвижные щеки; 6 – подпружиненные ролики; 7 – корпус; 8 – ведомый валок

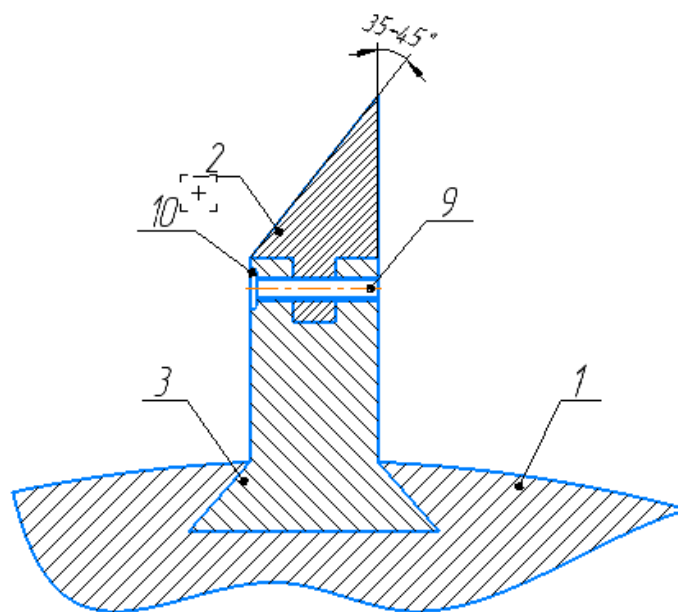


Рис. 2. Форма клиновидного зуба:

1 – валок; 2 – съемный наконечник; 3 – основная часть зуба

Однако для создания направленного движения сланцевых материалов к рабочим органам агрегата необходимо затрачивать усилия, отсутствие выражения для расчета которого тормозит внедрение предложенной конструкции в производство. Рассмотрим схему, позволяющую произвести расчет величины усилия необходимого

для создания направленного движения сланцевых материалов (рис. 3). Исходными данными служат: радиус ролика r , величина его смещения по горизонтали – L и вертикали – l . Величина угла уклона стенки бункера α , а угол, захвата материала β [11-12].

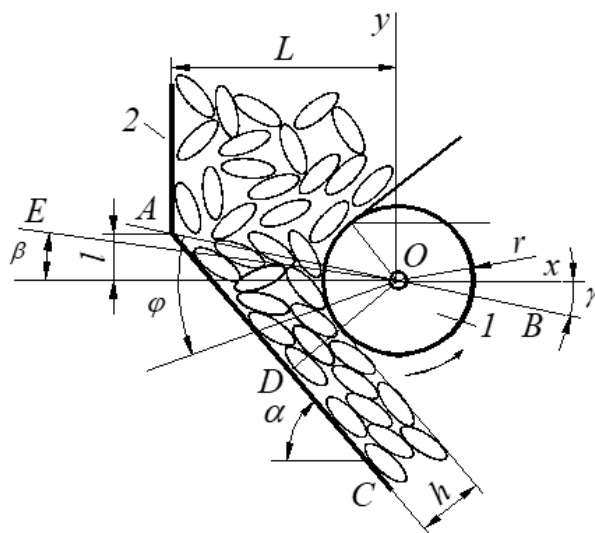


Рис. 3. Схема для определения величины усилия:
1 – ролик; 2 – стенка бункера

Согласно рисунку 3 определим величину угла уклона линии АОВ к горизонтали γ по следующему выражению:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{l}{L}, \quad (1)$$

Толщина слоя горной породы h вдоль луча OD, равна:

$$AO=\sqrt{L^2+l^2} \quad (2)$$

И

$$\sin(\alpha - \gamma) = \frac{OD}{AO} = \frac{h + r}{\sqrt{L^2 + l^2}} \quad (3)$$

Выразим из выражения (3) величину h , получим:

$$h = \sqrt{L^2 + l^2} \sin(\alpha - \gamma) - r. \quad (4)$$

Величина уплотнения материала изменятся с момента попадания его кусков на линию ОЕ, ограниченную углом захвата ролика. Сделав предположения, что усилия, создаваемые роликом, пропорциональны величине деформации слоя, определим эту величину по мере перемещения [13-14].

Уравнение прямой в полярных координатах, можно записать в следующем виде:

$$\rho \cos(\varphi - \theta) = p, \quad (5)$$

где ρ, φ – полярные координаты;

θ, p – параметры.

В данном случае, когда величина угла φ берет свое начало от линии ОА, то, его величина на этой линии равна $\varphi = 0$, тогда имеем:

$$\rho=OA=\sqrt{L^2+l^2}, \quad (6)$$

при $\varphi = \gamma + \frac{\pi}{2} - \alpha$, получим

$$\rho=OD=r+h=\sqrt{L^2+l^2}\sin(\alpha-\gamma). \quad (7)$$

С целью определения величины значений θ, p выражение (4) представим в виде следующей системы:

$$\begin{cases} \sqrt{L^2 + l^2} \cos(\theta) = p \\ \sqrt{L^2 + l^2} \sin(\alpha - \gamma) \cos(\gamma + \frac{\pi}{2} - \alpha - \theta) = p. \end{cases} \quad (8)$$

Приравняв обе части уравнений и решая численно данную систему, сначала определяем значение θ :

$$\cos (\theta)=\sin (\alpha-\gamma) \cos \left(\gamma+\frac{\pi}{2}-\alpha-\theta\right), \quad(9)$$

ИЛИ

$$\cos (\theta)=\sin (\alpha-\gamma) \sin (\alpha-\gamma+\theta), \quad(10)$$

Параметр p определим из первого выражения системы уравнений (8).

Наименьшее расстояние p от оси координат до стенки бункера равно $h+r$, тогда имеем:

$$p = h + r. \quad (11)$$

Определим значение параметра θ , из выражения (9):

$$\cos(\theta) = \frac{p}{\sqrt{L_z^2 + l^2}}. \quad (12)$$

Тогда согласно выражению (11), получим:

$$\cos(\theta) = \frac{h+r}{\sqrt{L^2 + l^2}}. \quad (13)$$

Согласно рисунка 3 получаем, что

$$\frac{h+r}{\sqrt{L^2+l^2}} = \frac{OD}{AO} = \sin(\angle OAD) \quad (14)$$

И

$$\angle OAD = \alpha - \gamma, \quad (15)$$

отсюда,

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \alpha + \gamma. \quad (16)$$

В нашем случае уменьшение толщины слоя материала при его продвижении осуществляется от $\rho - \Delta\rho$, по ширине ролика изменение размера слоя не происходит [15]. Изменение ρ от угла φ определяем по следующей зависимости:

$$\Delta\rho(\varphi) = \rho(\beta) - \rho(\varphi), \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho(\varphi) &= \frac{h+r}{\sin(\alpha-\gamma+\beta)} - \frac{h+r}{\sin(\alpha-\gamma+\varphi)} = (h+r) \frac{\sin(\alpha-\gamma+\varphi) - \sin(\alpha-\gamma+\beta)}{\sin(\alpha-\gamma+\beta)\sin(\alpha-\gamma+\varphi)} = \\ &= (h+r) \frac{2\cos\left(\alpha-\gamma+\frac{\varphi+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\varphi-\beta}{2}\right)}{\frac{1}{2}(\cos(\varphi-\beta) - \cos(2(\alpha-\gamma)+\varphi+\beta))} = \frac{4(h+r)\cos\left(\alpha-\gamma+\frac{\varphi+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\varphi-\beta}{2}\right)}{(\cos(\varphi-\beta) - \cos(2(\alpha-\gamma)+\varphi+\beta))}. \end{aligned} \quad (20)$$

Полученное уравнение (20) позволяет рассчитать величину деформации слоя, осуществляемую при создании направленного движения сланцевых материалов к рабочим органам агрегата [16]. С целью изучения влияния величины угла φ и смещения ролика по горизонтали L и

где $\varphi \geq \beta$.

Из уравнения (4) получаем,

$$\rho = \frac{p}{\cos(\varphi - \theta)}, \quad (18)$$

а, с учетом уравнений (7) и (12), получим:

$$\rho = \frac{h+r}{\cos\left(\varphi - \frac{\pi}{2} + \alpha - \gamma\right)} = \frac{h+r}{\sin(\alpha - \gamma + \varphi)}, \quad (19)$$

отсюда

вертикали l на величину деформации построим графическую зависимость $\Delta\rho(\varphi)$ от высоты l , φ , L рис.4 - 6.

Исходные данные для расчета: $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 17^\circ$, $L = 55$ см, $r = 20$ см. Приняв коэффициент деформации, равный 1,19; 1,24; 1,29 и 1,35.

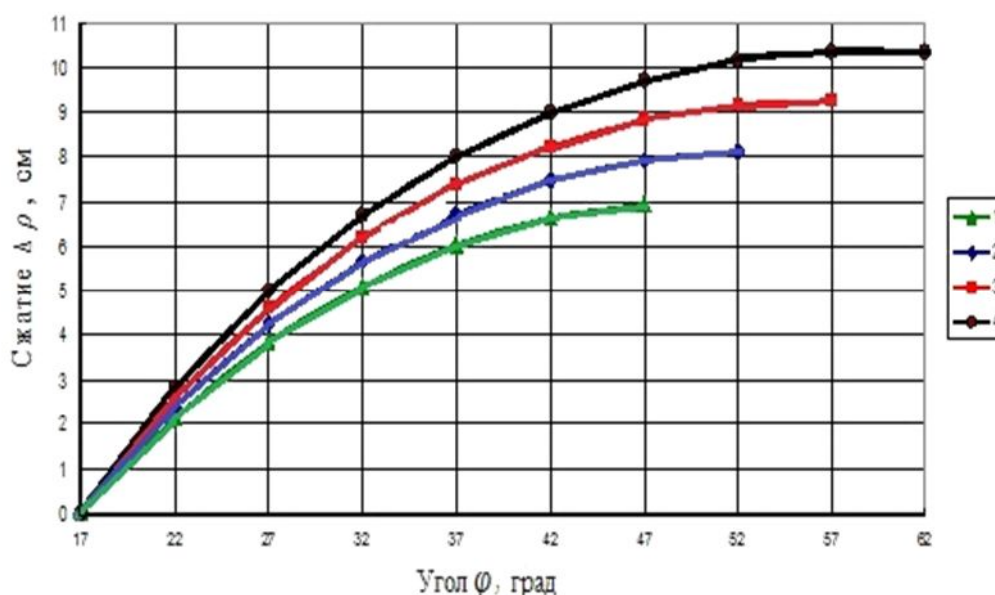


Рис. 4. Зависимость величины деформации материала от угла φ : 1 – $l=10$ см; 2 – $l=13$ см; 3 – $l=16$ см; 4 – $l=19$ см

Графическая зависимость $\Delta\rho(\varphi)$ от угла наклона α стенки бункера представлена на рис. 3. Исходные данные для расчета: $\beta = 17^\circ$, $l = 13$ см, $L = 55$ см, $r = 20$ см.

Величину распределенного усилия, приложенного к ролику, определим по следующему выражению:

$$F = \iint_{(S)} q \, ds, \quad (21)$$

где S – площадка, на которую действуют усилия.

В процессе деформации без разрушения частиц материала, изменение усилия происходит пропорционально уменьшению толщины слоя $\Delta\rho$ (рис. 3). Тогда величину изменения усилия q представим в виде выражения:

$$q = \mu \Delta\rho, \quad (22)$$

где μ – коэффициент, зависящий от свойств уплотняемого материала, Н/м³.

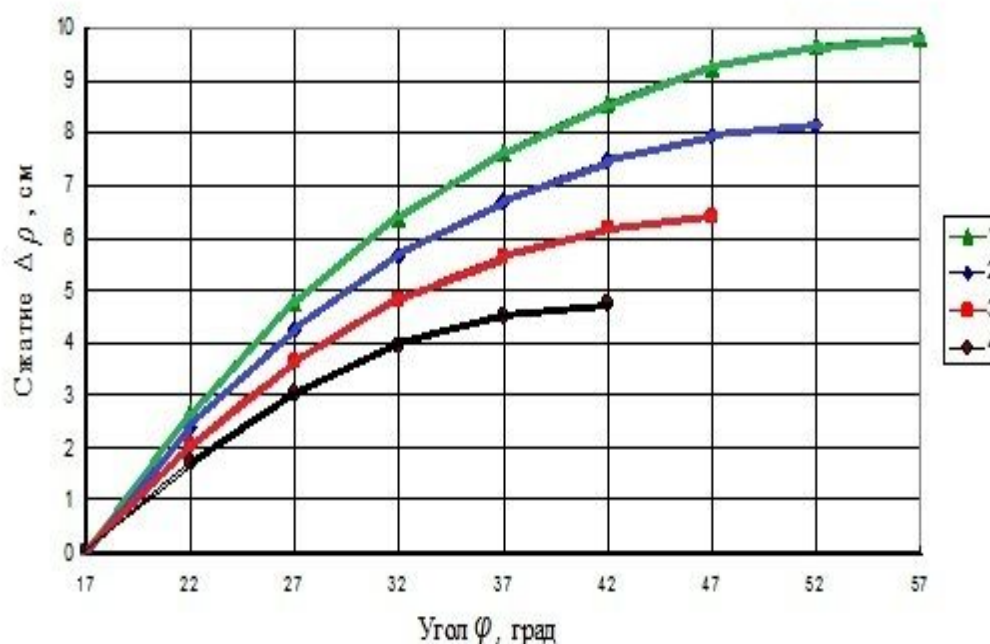


Рис. 5. Зависимость величины деформации материала с анизотропной текстурой от φ :

$$1 - \alpha = 45^\circ; 2 - \alpha = 50^\circ; 3 - \alpha = 55^\circ; 4 - \alpha = 60^\circ$$

Выводы. Таким образом, по уравнению 21 исходя из свойств материала можно определить усилие, необходимое для создания направленного движения сланцевых материалов к рабочим органам пресс-валкового агрегата [17].

В результате анализа свойств горных пород со сланцевой текстурой, обоснована необходимость, с целью получения щебня кубовидной формы, приложения усилия в заданном направлении. Проведенный анализ конструкций проектируемого и эксплуатируемого дробильного оборудования позволил установить, что эти агрегаты, применяемые в производстве щебеночных материалов не приспособлены к учету специфической текстуры дробимых пород и это не позволяет получать кубовидный щебень из сланцевых материалов [18].

Разработанная конструкция пресс-валкового агрегата включает в себя устройство для направленной подачи сланцевых материалов к его рабочим органам, которые создают направленное силовое воздействие на подаваемые куски, что позволяет получать кубовидный щебень из горных пород, имеющих сланцевую текстуру. Предложенная конструкция зуба рабочего органа, позволяет снизить действующие в процессе разрушения изгибающие нагрузки, что позволяет повысить надежность конструкции и снизить металлоемкость ремонта. Разработана математическая модель, описывающая движение сланцевых материалов в валковом устройстве и получено уравнение для расчета усилия, необходимого для создания направленного движения материалов к

рабочим органам пресс-валкового агрегата. Изучено влияние величины угла установки ролика и его смещения по горизонтали и вертикали на величину деформации слоя подаваемого материала, а следовательно, и величину энергозатрат [19–20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Romanovich A.A., Kolesnikov R.S., Romanovich M.A. Study of device for precompaction and uniform supply of materials to working bodies of aggregate // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment. 2018. Pp. 42–52.
2. Romanovich A.A., Romanovich M.A., Belov A.I., Chekhovskoy E.I. Energy-saving technology of obtaining composite binders using technogenic wastes // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Pp. 12–35.
3. Романович А.А., Чеховской Е.И., Романович М.А., Апухтина И.В. Расчет мощности привода агрегата для получения кубовидного щебня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №7. С. 111–115.
4. Романович А.А., Романович М.А., Чеховской Е.И. Расчет усилия, необходимого для создания направленного движения сланцевых материалов в пресс-валковом агрегате // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №8. С. 131–135.
5. Pryshchepau M.A., Daineko V.A., Pryshchepava A.M. Substantiation of the algorithm for controlling the adjustable electric drive of roller crusher-

grinders of forage grain // Agricultural science Euro-North-East. 2020. №21(2). Pp. 183–198.

6. Lang P., Rao Q., Qi Y.L. Energy consumption analysis of single roller for disk roller crusher // Meitan Xuebao/Journal of the China Coal Society. 2013. №38. Pp. 249–255.

7. Harbold K., Reznitchenko V., Roller crusher, and method of protecting a roller crusher from uncrushable objects. Patent US, no. 8544774B1, 2013.

8. Hendrix R.L. Roller crusher with balancing cylinders. Patent US, no. 8708265B2, 2014.

9. Harbold K., Reznitchenko V., Roller crusher with cheek plates. Patent US, no. 8695907B2, 2014.

10. Yinwei Y., Kai F., Jing X. A novel control method for roll gap of roller crusher based on Fuzzy-PID with decision factor self-correction // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. №892. Pp. 12–19.

11. Xuemin L., Man Z., Nan H. Calculation model of coal comminution energy consumption // Minerals Engineering. 2016. № 92. Pp. 21–27.

12. Johansson M., Evertsson M. A Time Dynamic Model of a High Pressure Grinding Rolls Crusher // Minerals Engineering. 2018. №132. Pp. 27–38.

13. Сердюк Б.П., Сердюк Д.В. Основные направления совершенствования конструкций дробилок для производства кубовидного щебня // Тяжелое машиностроение. 2005. №7. С. 37–39.

14. Шуляков А.Д. О производстве высококачественного кубовидного щебня // Строительные материалы. 2017. №7. С. 56–59.

15. Андреев А.Ю., Климов В.Н. Стационарные дробильные установки для получения кубовидного щебня // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. 2017. №1. С. 110–113.

16. Бурхадт Э., Кесслер М. Применение валковых дробилок высокого давления в горноперерабатывающей промышленности // Горный журнал. 2014. №11. С. 26–30.

17. Чебаткова Е.М. Методика технологического расчета валковой дробилки // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета. 2017. №2. С. 114–116.

18. Ким В.А., Гурьянов Г.А. Определение энергоемкости процесса дробления в валковой дробилке с выпукло-вогнутой формой валков // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. С. 23–25.

19. Милых А.В. Структурная схема валковой дробилки как объекта управления // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования. 2009. С. 331–334.

20. Макаева А.А., Кренинина М.О. Современные технологии дорожного строительства // Композиционные строительные материалы. теория и практика. 2015. С. 89–92.

Информация об авторах

Романович Марина Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин. E-mail: bel31rm@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Романович Алексей Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин. E-mail: alexejrom@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чеховской Евгений Игоревич, аспирант кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин. E-mail: eichehovskoy@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бутов Алексей Петрович, ассистент кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин. E-mail: eichehovskoy@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 26.10.2020 г.

© Романович М.А., Романович А.А., Чеховской Е.И., Бутов А.П., 2020

***Romanovich M.A., Romanovich A.A., Chekhovskoy E.I., Butov A.P.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

**E-mail: AlexejRom@yandex.ru*

AGGREGATE FOR OBTAINING CUBE-SHAPED CRUSHED STONE

Abstract. *The article substantiates the need for directional supply of rocks with an anisotropic texture and applying force in a given direction in order to obtain crushed stone of a cubic shape. The list of crushing equipment used in the process of obtaining cube-shaped crushed stone is given. It has been established that the existing crushing equipment is not able to take into account the specific texture of the crushed materials and this does not allow the production of cubic crushed stone from shale materials. A description of a new design of a press-roll unit is given, which makes it possible to obtain cube-shaped crushed stone from rocks with a shale texture. The press-roll unit includes a device for the directed supply of shale materials to its working bodies, which create a force effect on the supplied pieces of rock in the required direction. A description is given of the design of the working body tooth, which makes it possible to significantly reduce the time for replacing worn elements and to reduce the bending loads acting on it. A mathematical model of the directed movement of shale materials in a roller device is considered and an equation for calculating the required force is obtained. The graphical dependences of the influence of the value of the angle of installation of the roller and its displacement horizontally and vertically on the amount of deformation of the layer of the supplied material are given.*

Keywords: *aggregate, press roll, PVI, shale, materials, cube-shaped crushed stone, deformation value, teeth.*

REFERENCES

1. Romanovich A.A., Kolesnikov R.S., Romanovich M.A. Study of device for precompaction and uniform supply of materials to working bodies of aggregate. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment. 2018. Pp. 42-52.
2. Romanovich A.A., Romanovich M.A., Belov A.I., Chekhovskoy E.I. Energy-saving technology of obtaining composite binders using technogenic wastes. Journal of Physics: Conference Series. 2018. Pp. 12-35.
3. Romanovich A.A., Chekhovskoy E.I., Romanovich M.A., Apukhtina I.V. Calculation of the drive power of the unit for obtaining cuboid crushed stone [Raschet moshchnosti privoda agregata dlya polucheniya kubovidnogo shchebnya]. Scientific and theoretical journal bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 7. Pp. 111-115. (rus)
4. Romanovich A.A., Romanovich M.A., Chekhovskoy E.I. Calculation of the effort required to create a directed movement of shale materials in the press roll unit [Raschet usiliya, neobhodimogo dlya sozdaniya napravlennoogo dvizheniya slancevykh materialov v press-valkovom agregate]. Scientific and theoretical journal bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 8. Pp. 131-135. (rus)
5. Pryshchepau M.A., Daineko V.A., Pryshchepava A.M. Substantiation of the algorithm for controlling the adjustable electric drive of roller crusher-grinders of forage grain. Agricultural science Euro-North-East. 2020. No. 21(2). Pp. 183-198.
6. Lang P., Rao Q., Qi Y.L. Energy consumption analysis of single roller for disk roller crusher. Meitan Xuebao. Journal of the China Coal Society. 2013. No. 38. Pp. 249-255.
7. Harbold K., Reznitchenko V., Roller crusher, and method of protecting a roller crusher from uncrushable objects. Patent US, no. 8544774B1, 2013.
8. Hendrix R.L. Roller crusher with balancing cylinders. Patent US, no. 8708265B2, 2014.
9. Harbold K., Reznitchenko V., Roller crusher with cheek plates. Patent US, no. 8695907B2, 2014.
10. Yinwei Y., Kai F., Jing X. A novel control method for roll gap of roller crusher based on Fuzzy-PID with decision factor self-correction. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. No. 892. Pp. 12-19.
11. Xuemin L., Man Z., Nan H. Calculation model of coal comminution energy consumption. Minerals Engineering. 2016. No. 92. Pp. 21-27.
12. Johansson M., Evertsson M. A Time Dynamic Model of a High Pressure Grinding Rolls Crusher. Minerals Engineering. 2018. No. 132. Pp. 27-38.
13. Serdyuk B.P., Serdyuk D.V. The main directions of improving the designs of crushers for the production of cube-shaped crushed stone [Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya konstrukcij drobilok dlya proizvodstva kubovidnogo shchebnya]. Heavy engineering. 2005. No. 7. Pp. 37-39. (rus)
14. Shuloyakov A.D. About the production of high-quality cube-shaped crushed stone [O proizvodstve vysokokachestvennogo kubovidnogo shchebnya]. Construction Materials. 2017. No. 7. Pp. 56-59. (rus)
15. Andreev A.Yu., Klimov V.N. Stationary crushing plants for producing cube-shaped crushed

stone [Stacionarnye drobil'nye ustanovki dlya polucheniya kubovidnogo shchebnya]. Modern problems of the mining and metallurgical complex. Science and production. 2017. No. 1. Pp. 110–113. (rus)

16. Burkhadt E., Kessler M. Application of high-pressure roller crushers in the mining industry [Primenenie valkovykh drobilok vysokogo davleniya v gornoprerabatyvayushchej promyshlennosti]. Mining journal. 2014. No. 11. Pp. 26–30. (rus)

17. Chebatkova E.M. Technological calculation method for roller crushers [Metodika tekhnologicheskogo rascheta valkovoj drobilki]. Review-competition of scientific, design and technological works of students of the Volgograd State Technical University. 2017. No. 2. Pp. 114–116. (rus)

18. Kim V.A., Guryanov G.A. Determination of the energy consumption of the crushing process in a

roll crusher with a convex-concave roll shape [Opredelenie energoemkosti processa drobleniya v valkovoj drobilke s vypuklo-vognutoj formoj valkov]. Modernization and scientific research in the transport complex. 2017. Pp. 23–25.

19. Milykh A.V. Block diagram of a roll crusher as a control object [Strukturnaya skhema valkovoj drobilki kak ob"ekta upravleniya]. Development of the road transport complex and construction infrastructure based on rational environmental management. 2009. Pp. 331–334.

20. Makaeva A.A., Kretinina M.O. Modern technologies of road construction [Sovremennye tekhnologii dorozhnogo stroitel'stva]. Composite building materials. theory and practice. 2015. Pp. 89–92.

Information about the authors

Romanovich, Marina A. PhD. E-mail: bel31rm@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Romanovich, Alexey A. DSc, Professor E-mail: alexejrom@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Chekhovskoy, Evgeny I. Postgraduate student. E-mail: eichehovskoy@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Butov Alexey P. Assistant. E-mail: eichehovskoy@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 26.10.2020

Для цитирования:

Романович М.А., Романович А.А., Чеховской Е.И., Бутов А.П. Агрегат для получения кубовидного щебня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 151–158. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-151-158

For citation:

Romanovich M.A., Romanovich A.A., Chekhovskoy E.I., Butov A.P. Aggregate for obtaining cube-shaped crushed stone. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 12. Pp. 151–158. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-151-158

Научное издание
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 12, 2020 г.

Научно-теоретический журнал

Координатор журнала
Алфимова Наталия Ивановна

Редактор журнала
Агеева Марина Сергеевна

Компьютерная верстка
Яшкина Светлана Юрьевна

Перевод на английский язык
Колесник Оксана Юрьевна

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС 77-26533 от 07.12.2006

Подписано в печать 30.11.20. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 15,23. Уч.-изд. л. 16,38
Тираж 40 экз. Заказ 184. Цена договорная.
Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 724/4 Гк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова