

Научно-теоретический журнал

Вестник

Белгородского государственного технологического
университета им. В.Г. Шухова

ISSN 2071- 7318

12

2019

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, 2019 год

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/2558104627/>

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).

Баженев 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., зав. каф. 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).

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

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

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

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

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

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

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).

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

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

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

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

Пивинский Юрий Ефимович, д-р техн. наук, проф., научный руководитель ООО «Научно-внедренческая фирма «КЕРАМБЕТ-ОГ-НЕУПОР» (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 Blagoevich, PhD, Professor, Higher Technical School of Professional Education in Nish (Republic of Serbia, Nish).

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

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

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

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

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

Petr G. 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).

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" KERAM-BET-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. Strokovaya, 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

Баранов Е.В., Сазанов С.С., Шелковникова Т.И. АНАЛИЗ РЫНКА И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА	8
Курипта О.В., Воробьева Ю.А., Минакова О.В. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ	17
Виноградова Н.А. УЧЕТ СТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В РАСЧЕТАХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК	26
Кужахметова Э.Р. РАСЧЕТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ОБОБЩЕННЫХ ЖЕСТКОСТЕЙ И НАГРУЗОК ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТА (ЧАСТЬ 1)	34
Павлов М.В., Карпов Д.Ф. СПОСОБ РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ КУЛЬТИВАЦИОННОГО СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗИМНЕЙ ТЕПЛИЦЫ	47
Козырева Е.А. ПРОБЛЕМА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ БЛИЖНИХ УСАДЕБ ВЫСШЕЙ ЗНАТИ, НА ПРИМЕРЕ «ДАЧИ КУШЕЛЕВЫХ-БЕЗБОРОДКО»	56
Колесникова Л.И., Немцева Я.А. ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ ОБЪЕКТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	65
Абасс Х.С. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДАМАСКА (XI В ДО Н.Э. – XIX В. Н.Э.)	77
Шуваева Е.Ю. ФОРМИРОВАНИЕ ЗАГОРОДНОЙ УСАДЕБНОЙ ЗАСТРОЙКИ XVIII – НАЧАЛА XX ВВ. НА ПРИМЕРЕ ГАТЧИНСКОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	85
Михайлов А.В. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ ОХРАНЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ТИПА «ЖИЛЫЕ ДОМА»	94
Иваненко О.А., Белова А.Ю. ТРАДИЦИЯ И НОВАТОРСТВО В АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗЕ НЕКОТОРЫХ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ ЮЖНО-РОССИЙСКОГО РЕГИОНА	102

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Фетюхина Е.Г., Шарова Н.В., Парагузов П.А. ПОЛУЧЕНИЕ ФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД И ВЫСОКОМОДУЛЬНЫХ ПОЛИСИЛИКАТОВ	112
Борисов И.Н., Стронин А.А., Классен В.К. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЛЬНИЦЕ ОТКРЫТОГО ЦИКЛА ДВУХШАРОВОЙ МЕЛЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ АССОРТИМЕНТАМИ	121
Сыса О.К., Морева И.Ю., Трепалина Ю.Н., Чепурных А.А., Локтионов В.А., Локтионова Е.В. ГЛИНИСТОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЕТЛООКРАШЕННОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА В АСПЕКТЕ ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЯ СОЛЕЙ ВАНАДИЯ	130
Онищук В.И., Агеева С.В., Евтушенко Е.И., Скурятина Е.Ю., Беседин П.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФРИТТОВАННОЙ ГЛАЗУРИ В СИСТЕМАХ «СТЕКЛО НС-3 – УЛЕКСИТ» И «СТЕКЛО НС-3 – КОЛЕМАНИТ»	140

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Тимофеев С.П., Лесунов М.Е., Хуртасенко А.В., Маслова И.В. МЕТОДИКА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	151
Данилов А.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «КОНЕЧНОГО ПОВОРОТА И СМЕЩЕНИЯ» В УПРАВЛЕНИИ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННОЙ	162

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Baranov E.V., Sazanov S.S., Shelkovich T.I. ANALYSIS OF THE MARKET AND CONSUMER PROPERTIES OF CERAMIC BRICK	8
Kuripta O.V., Vorob'eva Y.A., Minakova O.V. THE PROGRAM MODULE OF CALCULATION OF PHYSICAL WEAR OF BUILDINGS BASED ON EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THEIR DAMAGES	17
Vinogradova N.A. ACCOUNTING THE STEEL PROFILE IN THE CALCULATIONS OF THE LOADING CAPABILITY OF STEEL-CONCRETE BEAMS	26
Kuzhakhmetova E.R. NUMERICAL DESIGN OF FRAME BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT THE GENERALIZED STIFFNESS AND LOAD OF SOIL AND FOUNDATION	34
Pavlov M.V., Karpov D.F. CALCULATION METHOD OF CULTIVATION FACILITY COMBINED HEATING SYSTEM USING WINTER GREENHOUSE AS AN EXAMPLE	47
Kozyreva E.A. ISSUES OF ADAPTATION AND PRESERVATION OF NEIGHBORING ESTATES OF THE HIGHEST NOBILITY ON THE EXAMPLE OF THE KUSHELEV-BEZBORODKO MANSION	56
Kolesnikova L.I., Nemtseva Y.A. HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE OF OBJECTS OF THE SOUTH-EASTERN RAILWAY IN THE BELGOROD REGION	65
Abass H.S. HISTORICAL PERIODS OF FORMATION AND FEATURES OF THE ARCHITECTURE AND URBAN DEVELOPMENT SYSTEM OF DAMASCUS DURING THE PERIOD (XI CENTURY B.C. – XIX CENTURY A.D.)	77
Shuvaeva E.Yu. FORMATION OF COUNTRY ESTATE DEVELOPMENT OF THE XVIII-EARLY XX CENTURIES ON THE EXAMPLE OF GATCHINSKY DISTRICT IN LENINGRAD REGION	85
Mikhailov A.V. SPECIFIC OF THE DEFINITIONS OF PROTECTED VALUE FOR CULTURAL HERITAGE MONUMENTS ON THE TYPE OF «DWELLING BUILDING»	94
Ivanenko O.A., Belova A.Yu. TRADITION AND INNOVATION IN THE ARCHITECTURAL AND ARTISTIC IMAGE OF ORTHODOX CHURCHES IN THE SOUTHERN RUSSIAN REGION	102

CHEMICAL TECHNOLOGY

Fetuhina E.G., Sharova N.V., Paraguzov P.A. SYNTHESIS OF MOULDED REFRACTORY PRODUCTS BASED ON ZEOLITE-BEARING ROCKS AND HIGH-MODULUS SILICATES	112
Borisov I.N., Stronin A.A., Klassen V.K. ADVANTAGE OF RECOVERY THE DOUBLE-BALL GRINDING MEDIA IN THE SECOND CHAMBER OF THE MILL OPEN CYCLE IN CONTRAST TO TRADITIONAL ASSORTMENT OF GRINDING MEDIAS	121
Sysa O.K., Moreva I.Yu., Trepalina Y.N., Chepurnyh A.A., Loktionov V.A., Loktionova E.V. RAW CLAY MATERIALS FOR THE LIGHT-TONE CERAMIC BRICK FROM THE STANDPOINT OF VANADIUM SALT EFFLORESCENCE	130
Onishchuk V.I., Ageeva S.V., Evtushenko E.I., Skuryatina E.Yu., Besedin P.V. RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF GETTING UNFRITTED GLAZES IN THE SYSTEMS «GLASS NG-3 – ULEXITE» AND «GLASS NG-3 – COLEMANITE»	140

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Timofeev S.P., Lesunov M.E., Khurtasenko A.V., Maslova I.V. THE METHODOLOGY AND SOFTWARE FOR CALCULATING THE ERROR OF CYLINDRICAL SURFACES	151
Danilov A.V. APPLICATION OF THE «FINITE ROTATION AND DISPLACEMENT» METHOD TO CONTROL THE PARABOLIC ANTENNA	162

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-8-16

Баранов Е.В., Сазанов С.С., Шелковникова Т.И.Воронежский государственный технический университет**Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-лет Октября, 84***E-mail: baranov.evg@mail.ru*

АНАЛИЗ РЫНКА И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Аннотация. *Керамический кирпич является одним из востребованных строительных материалов, применяемых в жилищном, общественном и ландшафтном строительстве, при возведении храмовых сооружений на протяжении длительного периода и не утративший своей актуальности на сегодняшний день. Для оценки востребованности и обеспечения рынка в статье приведены результаты анализа рынка керамического кирпича и проведена оценка динамики его развития производства по годам. Представлен анализ экспорта и импорта керамического кирпича на территории России, проанализировано распределение производственных мощностей по округам РФ. В результате проведенных исследований установлено, что основные потребности в керамическом кирпиче в полном объеме удовлетворяются, в основном, за счет российского производства, объемы которого зависят от темпов и объемов строительства. Рассмотрена номенклатура и основные потребительские свойства керамического кирпича, удовлетворяющие требованиям строителей и заказчиков, обеспечивающие длительный период безремонтной эксплуатации, сохраняющие архитектурную выразительность и эстетические свойства. Выявлено, что основные производители, обладающие значительными производственными мощностями для производства керамического кирпича, своевременно реагируют на колебания рынка и запросы потребителя, регулируя изменение формы, цвета, размера и количество производимой продукции.*

Ключевые слова: *керамический кирпич, рынок, объемы производства, федеральные округа, потребительские свойства кирпича.*

К современным строительным объектам предъявляется широкий спектр различных требований, которые необходимо учитывать на стадиях проектирования, строительства и последующей эксплуатации здания. Одним из таких требований является придание архитектурно-художественной выразительности жилым зданиям. При этом в первую очередь архитектурная выразительность будет зависеть от вида и качества стеновых материалов, а также способа декорирования стен [1–8].

Строительный рынок предлагает широкий ассортимент различных строительных материалов для стен и декорирования их поверхности. Оформление фасада здания возможно с применением керамической плитки, декоративного штукатурного раствора, керамического кирпича, природного камня, декоративного бетона, фасадных красок и др. Наиболее перспективным строительным материалом с широкой цветовой палитрой, фактурой и формой, позволяющим повысить качество и разнообразие облицовки зданий, улучшить архитектурный облик застройки, не требующий длительного время реставрационных работ, был и остается керамический кирпич [1–8].

Для более глубокого анализа преимуществ и проблем использования керамического кирпича как мелкоштучного стенового материала был проведен SWOT-анализ, позволяющий выявить сильные и слабые стороны, свойства и аспекты, представляющие угрозу для его широкого применения (табл. 1).

По результатам проведенного SWOT-анализа перспектив и проблем применения керамического кирпича как стенового материала можно сделать вывод, что на современном этапе развития технологий керамический кирпич как материал для ограждающих конструкций вытесняется более эффективными по теплопроводности блоками из ячеистого бетона, при этом, перспективным направлением остается производство лицевого керамического кирпича различной цветовой гаммы для облицовки фасадов зданий и применение керамического кирпича с условиях повышенной влажности (в цокольной части здания, в ванных комнатах, подвалах).

Динамика развития производства керамического кирпича представлена на рис. 1 [6–9].

Основная доля объема производимого керамического кирпича (около 70 %) используется при строительстве жилых домов, при строительстве коммерческой недвижимости используется

около 20 %, и небольшая доля применяется для зданий социального назначения [13–16].

Доля ввозимого керамического кирпича в РФ (импорт) составляет незначительную часть от объема потребляемого кирпича. В 2017 г., по данным Росстата, импорт керамического кирпича в Россию составил всего 680 млн. усл. кирпича. Основным импортером керамического кирпича в

РФ является Беларусь. Однако и экспорт керамического кирпича из России тоже не большой и, в основном, приходится на экспорт кирпича в Казахстан и страны СНГ [9–14]. Таким образом, спрос на керамический кирпич в России удовлетворяется в полном объеме, в основном, за счет внутреннего производства.

Таблица 1

SWOT-анализ керамического кирпича как мелкоштучного стенового материала

Сильные стороны	Слабые стороны
■ широкий ассортимент типоразмеров; ■ различная фактура и цветовая гамма; ■ высокая морозостойкость; ■ неограниченные возможности архитектурной выразительности; ■ экологичность; ■ способность сохранять свои свойства при транспортировании, хранении и эксплуатации; ■ не требуется дополнительная отделка фасадов при использовании лицевого керамического кирпича.	■ высокая теплопроводность; ■ низкая шумоизоляция; ■ высокая средняя плотность; ■ высокая трудоемкость при устройстве кладок; ■ высокая стоимость; ■ возможно появление высолов при кладке.
Возможности	Угрозы
■ возможность использования для возведения несущих, самонесущих стен и перегородок малоэтажных и многоэтажных зданий; ■ возможность создания архитектурной эстетики здания; ■ возможность применения во всех частях здания; ■ возможность использования в регионах с различными климатическими условиями.	■ вытеснение с рынка строительства более легким, конструкционно-теплоизоляционным и менее трудозатратным при кладке материалом – ячеистым бетоном.

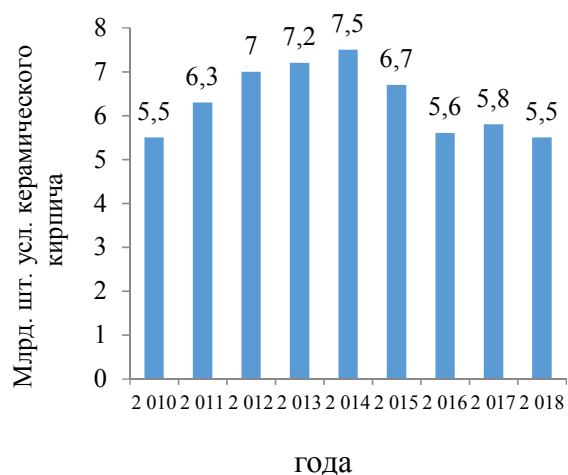


Рис. 1. Динамика производства керамического кирпича в РФ по данным Росстата

Увеличение объемов производства керамического кирпича в РФ с 2010 по 2014 гг., вероятно, обусловлено увеличением ввода жилья, строительством олимпийских объектов в г. Сочи. Однако, начиная с 2015 г. происходит спад общего объема производства на 26 % (производство в натуральном выражении сократилось с 7,5 млрд. усл. кирпича в 2014 г. до 5,5 млрд. усл. кирпича в 2018 г.), что обусловлено снижением

спроса на кирпич со стороны потребителей. В условиях кризиса (девальвации рубля в конце 2014 г., повышения ключевых ставок ЦБ РФ, удорожанием кредитных ресурсов) в стране наблюдалось уменьшение объемов строительства, что и повлекло за собой спад спроса на кирпич. Отмечается общая тенденция снижения не только производства керамического кирпича, но и силикатного. На протяжении всего периода с 2010 по 2018 гг. сохраняются соотношения по объемам производства: на долю керамического кирпича приходится 60–65 %, а на долю силикатного 35–40 % от общего объема производства кирпича (силикатного и керамического) в год. Можно предположить, что восстановление темпов строительства в стране будет способствовать восстановлению прежних объемов производства и реализации керамического кирпича на внутреннем рынке.

Распределение производственных мощностей по выпуску керамического кирпича на территории РФ происходит неравномерно. На рис. 2 представлены данные о распределении производственных мощностей в 2017 году по округам [9–12].

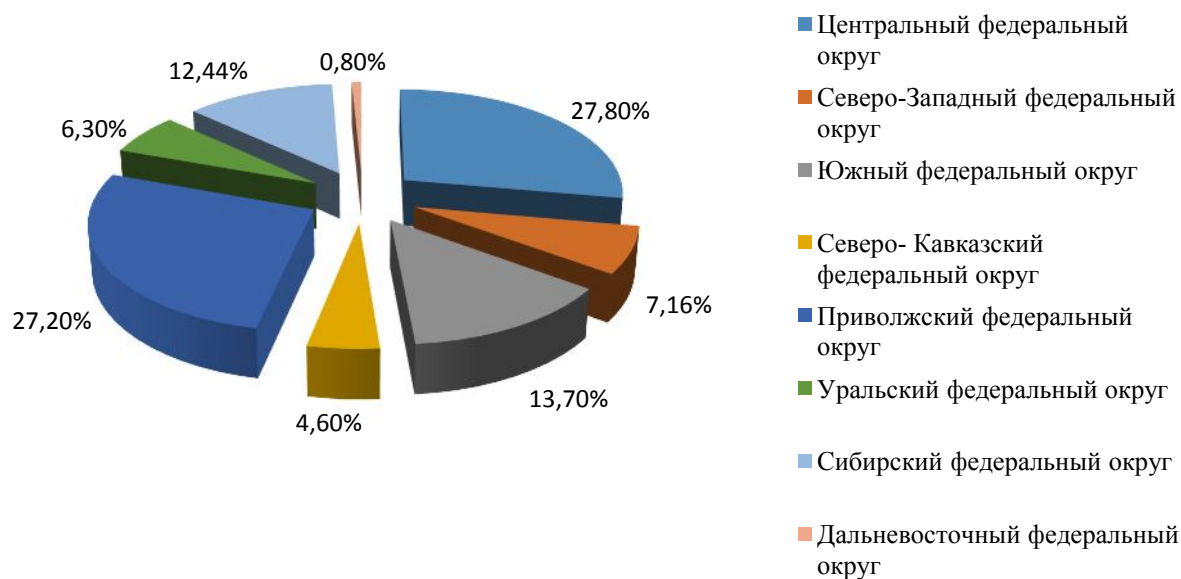
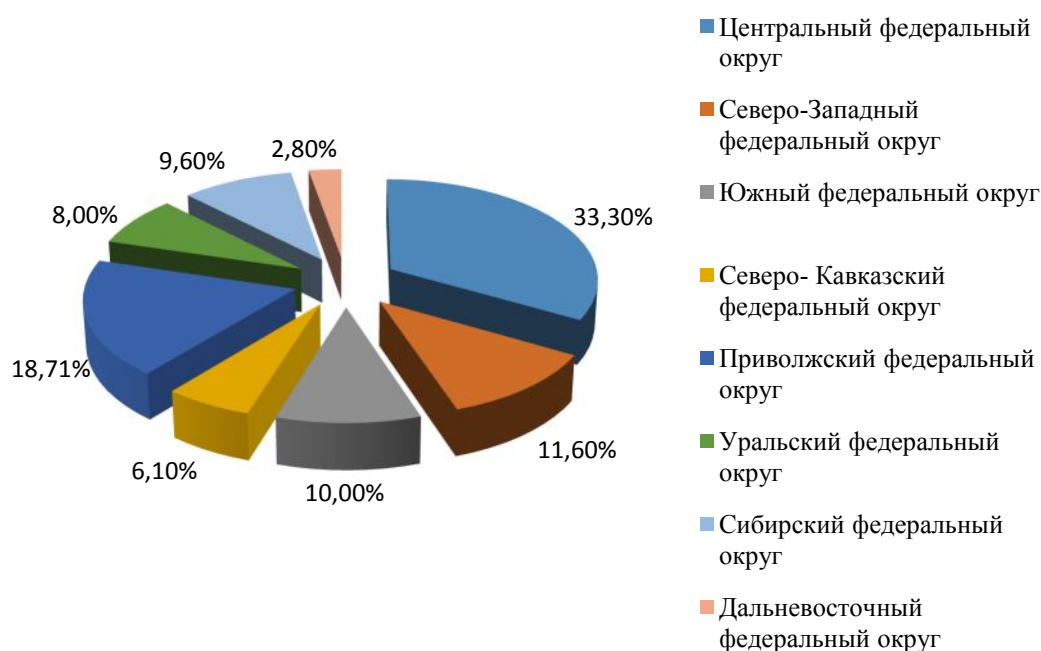


Рис. 2. Производство керамического кирпича по округам РФ за 2017 г.

На основании представленных данных выявлено, что производство керамического кирпича сосредоточено, в основном, в Центральном и Приволжском федеральных округах, далее по значимости идут Южный и Сибирский федеральные округа, а наименьшая доля производственных мощностей приходится на Дальневосточный округ. Такое распределение производственных мощностей, вероятно, обусловлено наличием или отсутствием сырьевой базы, которая малодоступна в отдаленных от центральной части окру-

гах РФ; спросом на продукцию, связанного с темпами и объемами строительства в регионе, известно, что наиболее высокие темпы строительства сосредоточены именно в центральной части России (рис. 3); покупательского спроса на первичном рынке жилья; транспортной инфраструктурой региона, так как керамический кирпич целесообразно перевозить на расстояние до 1000 км (при использовании автомобильного транспорта целесообразна поставка на расстояние 200–600 км, при использовании железнодорожного транспорта 800–1000 км).

Рис. 3. Распределение введенных в 2017 г. в действие зданий жилого и нежилого назначения (в м²) по округам РФ

В районах с меньшей доступностью сырья и меньшими темпами строительства тенденция в

производстве кирпича не так явно выражена, соответственно, ценовая политика и номенклатура

изделий в этих регионах будет заметно отличаться.

Преимущество керамического кирпича по сравнению с другими стеновыми и отделочными материалами обусловлено его широким набором потребительских свойств (способностью удовлетворять требования потребителей при строительстве и эксплуатации): доступность населению на большинстве территорий РФ, широкая номенклатура типоразмеров, высокие физико-механические показатели, способность сохранять свои свойства при транспортировании, хранении и эксплуатации, длительный срок службы без применения реставрационных работ, высокие эргономические, эстетические и экологические свойства керамического кирпича и др. [13].

Номенклатура выпускаемой керамической продукции основными производителями, как правило, представлена следующими группами товаров: кирпич рядовой (одинарный и утолщенный, полнотелый и пустотелый), кирпич лицевой (одинарный и утолщенный, полнотелый и пустотелый), камни стеновые (2 НФ), крупноформатные керамические блоки, прочие виды продукции (керамический кирпич нестандартных размеров) и др. Производители ориентируются на выпуск более качественной и разнообразной продукции, однако доля рядового керамического кирпича на рынке остается по-прежнему достаточно большой [10–14]. Это, вероятно, обусловлено совершенствованием технологического процесса в основном на крупных предприятиях и низким или средним уровнем качества продукции на заводах средней и малой мощности.

В Центральном, Северо-Западном, Южном, Приволжском Федеральных округах очень развито производство керамического кирпича. Ассортимент продукции крупных заводов имеет большую номенклатуру разнообразных видов кирпича, фактуры и цветовой гаммы. Имеется большое разнообразие по размерам (1НФ, 0.7НФ, 1.4НФ, 0.5НФ, 1.3НФ, 1.8НФ, 0.8НФ): одинарный, полуторный, евро, евро полуторный половинка и керамические блоки; по цвету: одноцветный с окрасом от светлых тонов до темно-коричневых, двухцветный, баварский, флешинг; по рельефу: береста, руст, винтаж, риф. и др, эксклюзивный материал: премиум, клинкер, лицевой полнотелый, фасонный, под старину. При этом выпускаемая продукция имеет высокие прочностные показатели (марка по прочности от М150 до М200, а для клинкерного кирпича более М300) и по морозостойкости (марка по морозостойкости F75–F100).

В Дальневосточном ФО мало развита область строительства в целом. В связи с чем в области мелкоштучных стеновых материалов нельзя выделить основных игроков на рынке и охарактеризовать их продукцию.

Основные производители керамического кирпича своевременно реагируют на запросы потребителя – формированием потребительских свойств.

Возникновение спроса на высокомарочный керамический кирпич послужило развитию производства фасадного и дорожного клинкерного керамического кирпича. Востребованность различных цветовых решений послужила развитию производства керамического кирпича объемного окрашивания с широкой цветовой гаммой: от светлых до темно-коричневых тонов. Традиционный красный цвет керамического кирпича зависит от содержания железа в исходном глинистом сырье. Основным компонентом, окрашивающим керамический черепок в красный цвет, является образующийся в процессе обжига гематит $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. При этом на цвет и основные свойства керамического черепка могут оказывать влияние химический состав исходного сырья, состав шихты и различные виды добавок, температура, режим и среда обжига [1–8, 18–20].

Для изучения влияния диоксида марганца (одна из распространенных добавок для получения керамического кирпича коричневых тонов) на процессы окрашивания керамических изделий из суглинка месторождения Верхняя Хава изготавливались стандартные образцы пластическим способом формования с добавлением диоксида марганца в количестве 2 и 4 %. Химический состав суглинка месторождения Верхняя Хава Воронежской области представлен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав суглинка месторождения Верхняя Хава Воронежской области

Массовые доли оксидов, %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +FeO	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	потери при прокаливании
64,3	12,9	3,8	6,4	3,8	0,3	8,7
						Σ
						100

Изготовленные образцы высушивались при температуре 105 °С до постоянной массы и затем обжигались при температуре 950, 1000, 1050 °С. Установлено, что с увеличением концентрации

диоксида марганца с 2 % до 4 %, а также с увеличением температуры обжига до 1050 °С интенсивность окраски усиливается и переходит от светло-коричневых тонов к темно-коричневым.



950 °C



1050 °C

Рис. 4. Цвет керамического черепка при введении MnO_2 – 2 %

950 °C

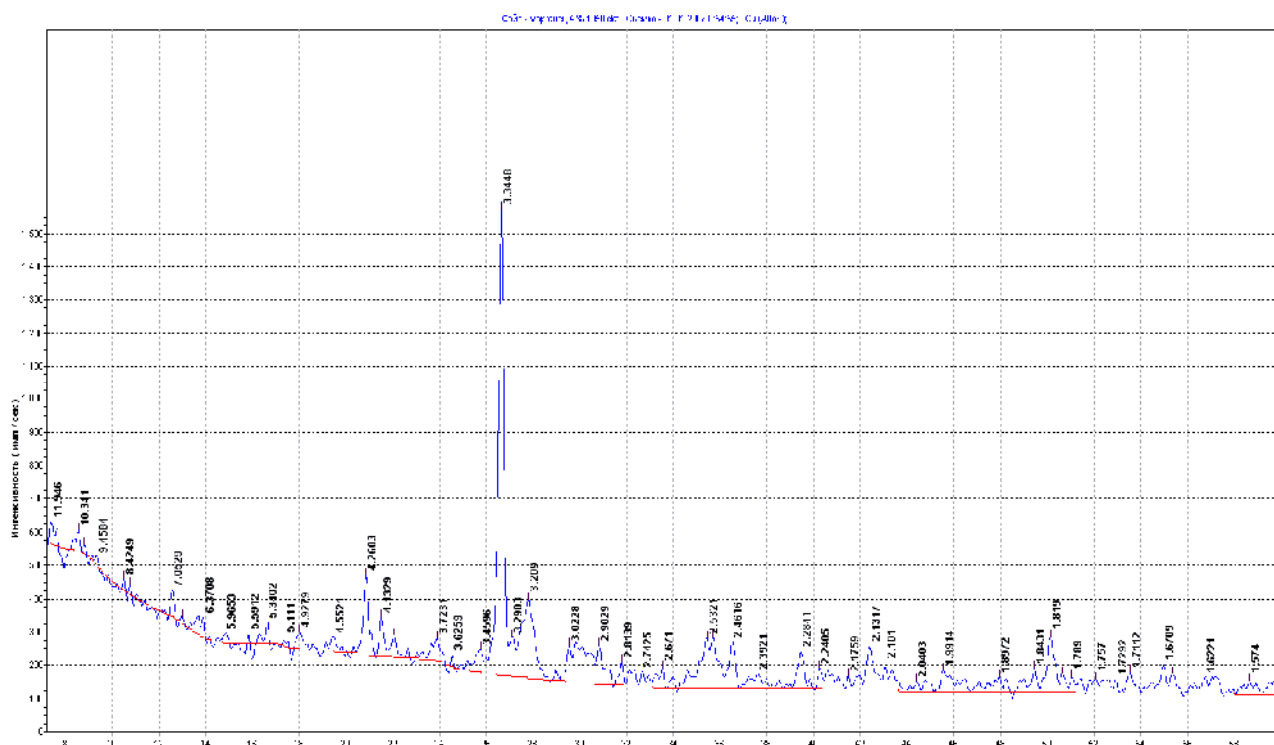


1050 °C

Рис. 5. Цвет керамического черепка при введении MnO_2 – 4 %

На основании полученных данных РФА (рис. 6, табл. 3) установлено, что образовавшийся гематит в процессе обжига вступает во взаимодействие с гаусманитом с образованием $(\text{Mn,Fe})_2\text{MnO}_4$ – железистого гаусманита, содержание которого возрастает с увеличением содержания марганца в исходной смеси, а так же образуется небольшое количества минерала биксбита – $(\text{Mn,Fe})\text{MnO}_3$. Оба минерала имеют черную окраску, чем и объясняется своеобразный коричневатый-серый цвет образцов.

жание которого возрастает с увеличением содержания марганца в исходной смеси, а так же образуется небольшое количества минерала биксбита – $(\text{Mn,Fe})\text{MnO}_3$. Оба минерала имеют черную окраску, чем и объясняется своеобразный коричневатый-серый цвет образцов.

Рис. 6. Рентгенограмма керамического кирпича с 4 % содержания MnO_2

Анализируя результаты исследований по влиянию MnO_2 на процессы спекания установлено, что MnO_2 в меньшей степени оказывает влияние на процессы спекания нежели Fe_2O_3 в исследованном температурном интервале и в некоторой степени даже может снижать прочностные

показатели. Водопоглощение образцов обожженных при температуре 950–1050 °C колеблется в интервале 10–12 %. Прочность при сжатии на образцах кубах с ребром 5 см составляет 180–200 кгс/см² при температуре 950–1000 °C и около 220 кгс/см² при температуре 1050 °C.

Таблица 3

Основные минералы полученного керамического черепка

Наименование минерала	Цвет минерала	Сильнейшие линии межплоскостных расстояний, Å
Кварц	Бесцветный	4,24; 3,34; 2,45; 2,28; 2,23; 2,12
Анортит	Бесцветный или слабоокрашенный	3,2 ; 2,95; 2,83; 2,51 ; 1,837
Муллит	Бесцветен, примесями Fe ₂ O ₃ может окрашиваться и принимать буроватокрасный оттенок	5,41; 3,42; 2,9; 2,69; 2,54; 2,29; 2,12
Гематит	От кроваво красного до черного	3,65; 2,69; 2,51; 2,2; 1,84
Фаялит	Оливково-зеленый	3,7; 2,85; 1,75
Железистый Гаусманит (Mn,Fe) ₂ MnO ₄	Черный	3,09; 2,5; ; 2,77
Биксбит (Mn,Fe)MnO ₃	Черный	2,718; 3,35; 2,508; 1,694
Кристаллит	Бесцветный	4,03; 3,13; 2,83; 2,48; 2,112
Тридимит	Бесцветный	4,39; 4,12; 3,73; 3,23; 2,94; 2,49
Кордиерит	Бурый с синеватым оттенком	8,29; 4,03; 3,34; 3,11; 3,00; 2,63
Различные виды легкоплавких стекол	В зависимости от преобладающих ионнов	

Применение объемно окрашенного керамического кирпича различного цвета позволяет эффективно сочетать его с другими материалами, создавать архитектурные вставки, выделять отдельные элементы фасадов зданий [1–8, 18–21].

Для сохранения свойств керамического кирпича при транспортировании отгрузка готовой продукции осуществляется на поддонах в термоусадочной пленке.

При этом керамический кирпич экологичен и имеет достаточно длительный срок службы без применения реставрационных работ.

Таким образом, несмотря на снижение объемов производства, керамический кирпич остается одним из востребованных материалов, способным удовлетворить различные потребности строителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Столбоушкин А.Ю. Улучшение декоративных свойств стеновых керамических материалов на основе техногенного и природного сырья // Строительные материалы. 2013. № 8. С. 24–29.
2. Столбоушкин А.Ю. Перспективное направление развития строительных керамических материалов из низкокачественного сырья // Строительные материалы. 2018. № 4. С. 24–28.
3. Зубехин А.П., Яценко Н.Д. Теоретические основы инновационных технологий строительной керамики // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 88–92.
4. Гончаров Ю.И., Солопов С.В., Король С.П. и др. Некоторые аспекты получения керамики различной цветовой гаммы // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». 2007. № 1/13 (529) 2007. С. 55–61.
5. Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Хорина А.В. Особенности получения керамического кирпича светлых тонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 18–21.
6. Турченко А.Е. Технологические особенности получения объемно-окрашенного керамического кирпича на основе легкоплавкого сырья воронежской области // В сборнике: Научные технологии и инновации Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 285–289.
7. Salakhov A.M., Ashmarin G.D, Morozov V.P. Salakhova R.A. Baukeramische Erzeugnisse aus Rohstoffen mit hohem Karbonatgehalt. Keramische Zeitschrift. 2014. № 1. P. 35-38.
8. Pacheco-Torgal F., Lourenço P.B., Labrincha J.A., Kumar S., Chindaprasirt P. Eco-efficient Masonry Bricks and blocks. 1-st edition. Desing, Properties and Durability. Woodhead Publishing. 2014. 548 p.
9. Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб. М.: Росстат. 2018. 522 с.
10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. М.: Росстат. 2018. 1162 с.
11. Строительство в России. 2018: Стат. сб. М.: Росстат. 2018. 119 с.
12. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2018: Стат. сб. М.: Росстат. 2018. 751 с.
13. Семенов А.А. Состояние российского рынка керамических стеновых материалов // Строительные материалы. 2014. №8. С. 9–12.
14. Семенов А.А. Перспективы развития строительного комплекса и промышленности

строительных материалов в 2016 г // Строительные материалы. 2016. №1–2. С. 4–6.

15. Семёнов А.А. Строительство и промышленность строительных материалов в 2017 году. Краткосрочный прогноз // Строительные материалы. 2018. № 5. С. 4–8.

16. Семенов А.А. Рынок керамических стеновых материалов: итоги 2014 и прогноз на 2015 год // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 1–3.

17. Платова Р.А., Гильмутдинова Р.А. Номенклатура потребительских свойств керамического кирпича // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. 2009. №10. С. 150–154.

18. Kotlyar V.D., Lapunova K.A., Kozlov G.A. Wall ceramics products based on opoka and coal

slurry // Procedia Engineering. 2016. №. 150. Pp. 1452–146.

19. Терехина Ю.В., Котляр В.Д., Котляр А.В. Применение инструментов управления качеством в производстве керамического кирпича // Строительные материалы. 2014. №4. С.41–43.

20. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Веревкин К.А. Влияние окислительно-восстановительных условий обжига на фазовый состав оксидов железа и цвет керамического кирпича // Строительные материалы. №7. 2011. С. 8–11.

21. Наумов А.А. Лицевой и клинкерный кирпич из кремнистого сырья Шевченковского месторождения // Строительные материалы. 2017. № 4. С. 14–17.

Информация об авторах

Баранов Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: baranov.evg@mail.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84. Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14.

Сазанов Семен Сергеевич, магистрант кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: baranov.evg@mail.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84. Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14.

Шелковникова Татьяна Иннокентьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: tschelk@mail.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84. Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14

Поступила в июне 2019 г.

© Баранов Е.В., Сазанов С.С., Шелковникова Т.И., 2019

***Baranov E.V., Sazanov S.S., Shelkovnikova T.I.**

Voronezh State Technical University

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84

**E-mail: baranov.evg@mail.ru*

ANALYSIS OF THE MARKET AND CONSUMER PROPERTIES OF CERAMIC BRICK

Abstract. A ceramic brick is one of the most popular building materials used in residential, public and landscape construction, in the construction of temple structures over a long period and is still relevant today. The article presents the results of the ceramic brick market analysis to assess the demand for the market and the dynamics of the development of production over the years.

An analysis of the export and import of ceramic bricks in Russia is presented; the distribution of production capacities by districts of the Russian Federation is analyzed. It has been established that the basic requirements for a ceramic brick are fully satisfied, mainly due to Russian production, the volumes of which depend on the pace and volume of construction. The nomenclature and basic consumer properties of ceramic bricks, satisfying the requirements of builders and customers, ensuring a long period of maintenance-free operation, preserving architectural expressiveness and aesthetic properties are considered. It has been revealed that the main producers with significant production capacities for the production of ceramic bricks react in a timely manner to market fluctuations and consumer demands by adjusting the change in shape, color, size and quantity of products manufactured.

Keywords: ceramic bricks, market, production volumes, federal districts, consumer properties of bricks.

REFERENCES

1. Stolboushkin A.Yu. Improving the decorative properties of wall ceramic materials based on technogenic and natural raw materials [Uluchshenie dekorativnykh svoystv stenovykh keramicheskikh materialov na osnove tehnogennogo i prirodnogo syr'ya]. Construction materials. 2013. No. 8. Pp. 24–29. (rus)
2. Stolboushkin A.Yu. A promising direction for the development of building ceramic materials from low-quality raw materials [Perspektivnoe napravlenie razvitiya stroitel'nykh keramicheskikh materialov iz nizkokachestvennogo syr'ya]. Construction materials. 2018. No. 4. Pp. 24–28. (rus)
3. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D. Theoretical foundations of innovative technologies of building ceramics [Teoreticheskie osnovy innovatsionnykh tekhnologiy stroitel'noy keramiki]. Construction materials. 2014. No. 1–2. Pp. 88–92. (rus)
4. Goncharov Yu.I., Solopov S.V., King S.P. [etc] Some aspects of obtaining ceramics of various colors [Nekotorye aspekty polucheniya keramiki razlichnoy cvetovoy gammy]. News of Orel State Technical University. Series "Construction. Transport". 2007. No. 1/13 (529) 2007. Pp. 55–61. (rus)
5. Baranov E.V., Shelkovnikova T.I., Khorina A.V. Features of obtaining ceramic bricks of light colors [Osobennosti polucheniya keramicheskogo kirpicha svetlykh tonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. №. 7. Pp. 18–21. (rus)
6. Turchenko A.E. Technological features of obtaining volume-colored ceramic bricks based on low-melting raw materials of the Voronezh region [Tehnologicheskie osobennosti polucheniya ob'emno-okrashennogo keramicheskogo kirpicha na osnove legkoplavkogo syr'ya voronezhskoy oblasti]. In the collection: High technologies and innovations Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2014. Pp. 285–289. (rus)
7. Salakhov A.M., Ashmarin G.D., Morozov V.P., Salakhova R.A. Baukeramische Erzeugnisse aus Rohstoffen mit hohem Karbonatgehalt. Keramische Zeitschrift. 2014. No. 1. Pp. 35–38.
8. Pacheco-Torgal F., Lourenço P.B., Labrincha J.A., Kumar S., Chindaprasirt P. Eco-efficient Masonry Bricks and blocks. 1-st edition. Desing, Properties and Durability. Woodhead Publishing. 2014. 548 p.
9. Russia in numbers. 2018 [Rossiya v tsifrah. 2018]. Short. Stat.Sb. M.: Rosstat. 2018. 522 p. (rus)
10. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2018 [Regionyi Rossii. Sotsialno-ekonomicheskie pokazateli. 2018]. Stat. Sat. M.: Rosstat. 2018. 1162 p. (rus)
11. Construction in Russia. 2018. [Stroitelstvo v Rossii. 2018]. Stat. Sat M.: Rosstat. 2018. 119 p. (rus)
12. Regions of Russia. The main characteristics of the subjects of the Russian Federation. 2018: Stat. Sat M.: Rosstat. 2018. 751 p. (rus)
13. Semenov A.A. The state of the Russian market of ceramic wall materials [Sostoyanie rossiyskogo ryinka keramicheskikh stenovykh materialov]. Construction materials. 2014. No. 8. Pp. 9–12. (rus)
14. Semenov A.A. Prospects for the development of the construction complex and the building materials industry in 2016 [Perspektivy razvitiya stroitelnogo kompleksa i promyshlennosti stroitel'nykh materialov v 2016 g.]. Construction materials. 2016. No. 1–2. Pp. 4–6. (rus)
15. Semenov A.A. Construction and building materials industry in 2017. Short-term forecast [Stroitel'stvo i promyshlennost' stroitel'nykh materialov v 2017 godu. Kratkosrochnyy prognoz]. Construction materials. 2018. No.5. Pp. 4–8. (rus)
16. Semenov A.A. The market of ceramic wall materials: the results of 2014 and the forecast for 2015 [Ryнок keramicheskikh stenovykh materialov: itogi 2014 i prognoz na 2015 god]. Construction materials. 2015. No. 4. Pp. 1–3. (rus)
17. Platov R.A., Gilmudinova R.A. Nomenclature of consumer properties of ceramic brick [Nomenklatura potrebitelskikh svoystv keramicheskogo kirpicha]. Bulletin of the Russian State Trade and Economic University. 2009. No. 10. Pp.150–154. (rus)
18. Kotlyar V.D., Lapunova K.A., Kozlov G.A. Wall ceramics products based on opoka and coal slurry. Procedia Engineering. 2016. No. 150. Pp. 1452–146.
19. Terekhina Yu.V., Kotlyar V.D., Kotlyar A.V. the use of quality management tools in the production of ceramic bricks [Primenenie instrumentov upravleniya kachestvom v proizvodstve keramicheskogo kirpicha]. Construction materials. 2014. No. 4. Pp.41–43. (rus)
20. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D., Verevkin K.A. The influence of redox conditions of firing on the phase composition of iron oxides and the color of ceramic bricks [Vliyanie okislitel'no-vosstanovitel'nykh usloviy obzhiga na fazovyy sostav oksidov zheleza i cvet keramicheskogo kirpicha]. Construction materials. 2011. No. 7. Pp. 8–11. (rus)
21. Naumov A.A. Front and clinker bricks from siliceous raw materials of the Shevchenkovskoye deposit [Licevoj i klinkernyy kirpich iz kremnistogo syr'ya Shevchenkovskogo mestorozhdeniya]. Construction materials. 2017. No. 4. Pp. 14–17. (rus)

Information about the authors

Baranov, Evgeny V. PhD, Assistant professor. E-mail: baranov.evg@mail.ru. Voronezh State Technical University. Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84. Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky av, 14.

Sazanov, Semen S. Master student. E-mail: baranov.evg@mail.ru. Voronezh State Technical University. Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84. Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky av, 14.

Shelkovnikova, Tatyana I. PhD, Assistant professor. E-mail: tschelk@mail.ru. Voronezh State Technical University. Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84. Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky av, 14.

Received in June 2019

Для цитирования:

Баранов Е.В., Сазанов С.С., Шелковникова Т.И. Анализ рынка и потребительских свойств керамического кирпича // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-8-16

For citation:

Baranov E.V., Sazanov S.S., Shelkovnikova T.I. Analysis of the market and consumer properties of ceramic brick. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-8-16

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-17-25

***Курипта О.В., Воробьева Ю.А., Минакова О.В.**

Воронежский государственный технический университет

Россия, 394000, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84

*E-mail: kuripta-okcana@mail.ru

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Аннотация. В течение своего жизненного цикла строительные конструкции подвергаются различным внешним воздействиям, которые могут привести к изменениям, повреждениям или признакам износа, связанным с уменьшением их функциональности. Расчет и оценка физического износа зданий является непростой и трудоемкой задачей и на сегодняшний день осуществляется ручным способом или средствами Microsoft Office Excel. Объективная диагностика позволяет с наибольшей точностью получать значения физического износа зданий, но требует достаточно больших затрат времени и усилий в расчетах и анализах данных. Использование автоматизированных методов обработки результатов экспериментальных измерений с интеграцией стандартных процессов анализа может дополнительно ускорить процесс оценки. В статье поднимается актуальный вопрос автоматизации процесса расчета и оценки физического износа зданий, являющимся важнейшим показателем, характеризующим физическое состояние здания в количественном выражении, и представляющим интерес для риэлторов и управляющих компаний. В связи с чем авторами предложен и разработан программный модуль, позволяющий осуществлять расчет и оценку физического износа зданий согласно ВСН 53-86(р), позволяющий снизить трудоемкость и сократить сроки процесса оценки физического износа. Программный модуль разработан с использованием СУБД MongoDB Server, IDE Studio 3T, системы программирования Microsoft Visual Studio 2017.NET Framework 4.6.1, технологии WPF, на языке C#. Net, с применением архитектурного паттерна MVVM. Пользователю при работе с программным модулем предоставляются следующие функциональные возможности: выбор исследуемых элементов систем, справочная информация признаков их износа, автоматический расчет физического износа и формирование отчетности по полученной оценке. Программный модуль прошел апробацию на кафедре жилищно-коммунального хозяйства Воронежского государственного технического университета.

Ключевые слова: физический износ зданий, объективная диагностика, программный модуль, автоматический расчет.

Введение. Здания в процессе эксплуатации подвергаются воздействию агрессивных сред природного и техногенного характера. В результате указанных воздействий происходит изменение первоначальных свойств материалов конструкций и инженерного оборудования зданий. Для определения возможности использования конструктивных элементов здания необходимо знать величину их физического износа – показатель, характеризующий степень ухудшения технических и связанных с ними других эксплуатационных показателей здания на определенный момент времени [1, 2]. Этот показатель является количественным, выраженным в относительной величине (процентах) или в абсолютном (стоимостном), определяющим потерю стоимости от первоначальной величины. Таким образом, в системе технической эксплуатации, физический износ зданий является важнейшим показателем, характеризующим его состояние в количественном выражении [3, 4].

Методология. Для определения физического износа зданий на практике применяют несколько методов оценки [5–6], но наибольшее распространение в оценочной практике получила

объективная диагностика. Данный способ диагностики состоит из обследования состояния зданий, включающего в себя органолептическую оценку элементов и конструкций, камеральную обработку архивных материалов и инструментальные неразрушающие методы испытаний конструктивных элементов зданий [7, 8]. Рассматриваемый подход, основан на сопоставлении повреждений выявленных при осмотрах элементов зданий с соответствующими табличными признаками износа, приведенными в сборнике ВСН [9]. Метод позволяет получать с достаточной степенью точности значение физического износа отдельных конструктивных элементов и систем, а также зданий в целом, что имеет большое значение для повышения качества эксплуатации и проведения теплозащитных мероприятий [10–13]. Однако, этот метод весьма трудоемок и требует проведения большого количества разнородных измерений, их анализа, дальнейшее сопоставление с данными таблиц и длительной обработки результатов. Использование автоматизации при определении физического износа конструкций и инженерных систем зданий может значительно

упростить применение рассматриваемого подхода.

Анализ существующих средств автоматизации в области строительства показал, что на сегодняшний день отсутствуют исследования в области разработки программного обеспечения (ПО), позволяющего в автоматизированном режиме провести оценку физического износа жилых зданий и доказывающий необходимость разработки соответствующего ПО. Автоматизация данного процесса позволит облегчить работу эксперта, а именно проводить расчет оценки физического износа жилых зданий и по его результатам формировать отчетность [14, 15].

В результате была поставлена задача по разработке программного приложения оценки физического износа жилых зданий, которая осуществляется согласно правилам Ведомственных строительных норм – ВСН 53-86(р) и его автообновления в случае актуализации данных норм [9].

Основная часть. Для анализа процесса оценки физического износа жилого здания разработана модель «Как есть», с использованием методологии SADT стандарта IDEF0 построения

функциональных моделей разных уровней детализации, где в качестве точки зрения модели выбран точка зрения «эксперт».

Процесс моделирования стандарта IDEF0 начинается с определения контекста, то есть наиболее абстрактного уровня описания системы в целом (рис. 1). В качестве входных информационных потоков рассматриваются характеристика и признаки износа: конструктивных элементов, внутренних систем инженерного оборудования, газового и лифтового оборудования.

В качестве управления на систему в целом действуют: тип конструкции, ВСН 53-38(Р), специализированная нормативная документация. Механизмом является эксперт, по оценке физического состояния жилых зданий. После преобразования входной информации, при воздействии управления с помощью механизма получаем на выходе отчеты оценки физического износа: конструктивных элементов, внутренних систем инженерного оборудования, газового и лифтового оборудования и жилого здания в целом.



Рис. 1. Контекстная диаграмма «Оценка физического износа жилого здания»

Декомпозиция системы «Оценка физического износа жилого здания» проведена по функциональному признаку и содержит в себе следующие блоки: оценка физического износа отдельных конструкций и элементов жилого здания,

оценка физического износа внутренних систем инженерного оборудования, оценка физического износа газового и лифтового оборудования и оценка физического износа жилого здания в целом (рис. 2).

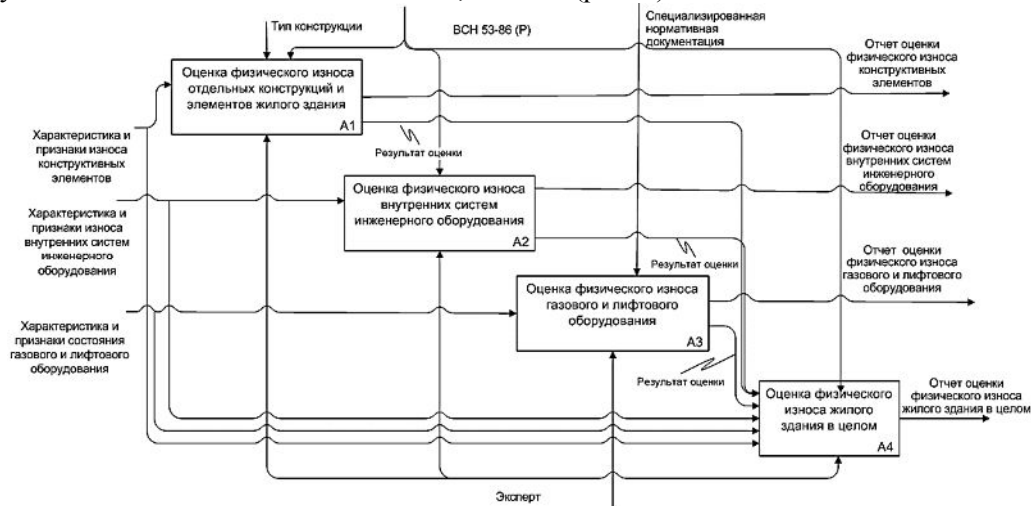


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции «Оценка физического износа жилого здания»

Таким образом, на основе проведенного структурно-функционального анализа были выделены функциональные блоки, которые будут представлены в виде программных модулей.

Структурная схема программного продукта представляет собой диаграмму, взаимодействия его компонентов на основе трёхуровневой архитектуры построения приложений (рис.3).

Трёхуровневая архитектура приложения включает в себя следующие части:

- уровень хранения данных.
- уровень доступа к данным.
- уровень бизнес логики.

– уровень бизнес логики.

Применение трёхуровневой архитектуры позволило разработать грамотный и функциональный каркас приложения, который, играет большую оптимизационную роль в программном продукте. То есть при необходимости внесения изменений в программный продукт, не потребуется перестраивать или проектировать новую архитектуру, нужно будет только добавить в него новый компонент и привязать его к уровню бизнес – логики.

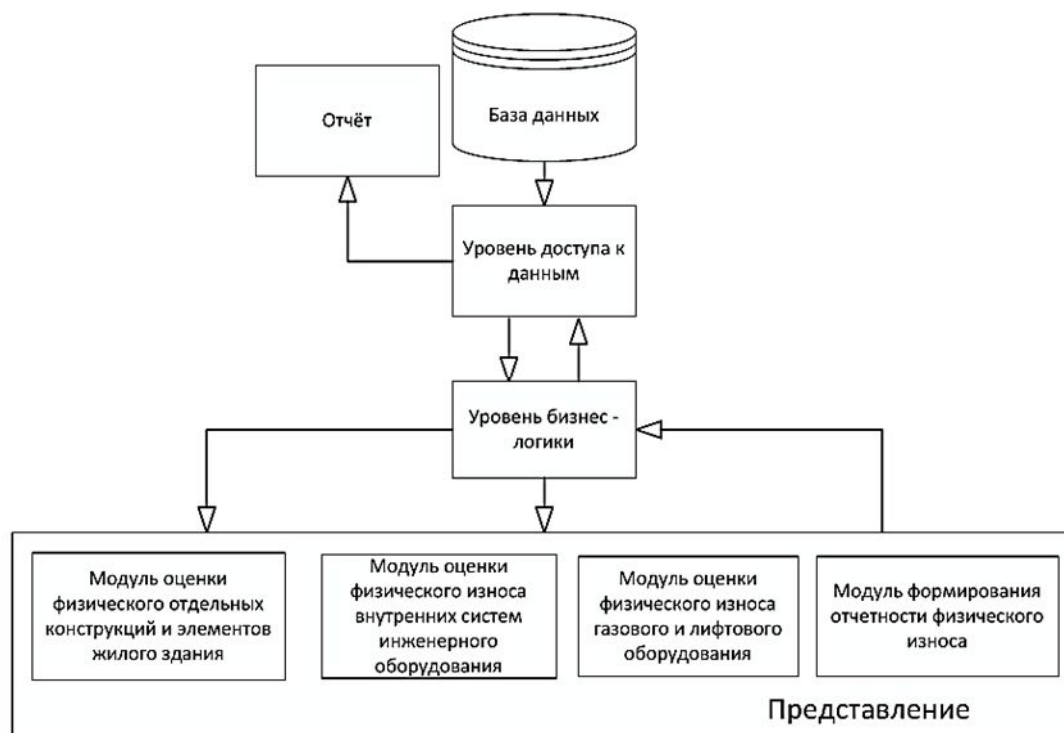


Рис. 3. Структурная схема программного обеспечения «Оценка физического износа жилых зданий»

Каждый модуль программного продукта обращается к уровню бизнес логики, который, в свою очередь, взаимодействует с уровнем доступа к данным. Уровень доступа к данным напрямую связан с уровнем хранения данных. Первые три модуля взаимодействуют с уровнем бизнес логики в одностороннем порядке, то есть они посылают запросы в базу данных, которая отправляет запрашиваемые данные.

Модуль формирования отчёта также имеет одностороннюю связь с уровнем доступа к данным, что при формировании отчёта, дает возможность получить нужные данные из базы данных: все указанные пользователем объекты, их признаки износа и рекомендованные работы. Применение уровня бизнес логики позволяет получить данные, которые заполняет пользователь в ходе оценки физического износа. После получения всех необходимых данных происходит формирование и сохранение отчёта.

Реализация программного продукта была произведена на объектно-ориентированном языке программирования C# с использованием IDE Visual Studio. Проект был построен на основе фреймворка .NET, который поставляется с OS Windows NT. Для создания установщика программного продукта были использованы языки Script Pascal и C++. Для разработки базы данных использовались программы СУБД MongoDB Server, а также IDE Studio 3T.

В качестве примера разработанного программного обеспечения приведен результат работы программного модуля по оценки физического износа внутренних систем инженерного оборудования.

На рис. 4 представлена главное окно – форма заполнения и выбора необходимых систем инженерного оборудования в зависимости от выбранной методики оценки физического износа.

В программном модуле реализовано два метода оценки физического износа внутренних систем инженерного оборудования, согласно ВСН 53-38(Р):

1. Оценка физического износа систем инженерного оборудования по фактическому состоянию;
2. Оценка физического износа систем инженерного оборудования по сроку службы.

Оценка физического износа внутренних систем инженерного оборудования

Сформировать отчет

Модуль определения физического износа внутренних систем инженерного оборудования по фактическому состоянию

Система инженерного оборудования:

- ☐ Горячее водоснабжение
- ☐ Холодное водоснабжение
- ☐ Электрооборудование
- ☐ Центральное отопление
- ☐ Канализация и водостоки
- ☐ Печи
- ☐ Мусоропроводы

Внутренняя система инженерного оборудования	Физический износ, %	Примерный состав работ

Модуль расчета физического износа внутренних систем инженерного оборудования по сроку службы

Система инженерного оборудования	Количество этажей в доме
☐ Горячее водоснабжение	1
☐ Центральное отопление	1
☐ Холодное водоснабжение	1
☐ Канализация и водостоки	1
☐ Электрооборудование	1

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости систем центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет	Финансовый износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %

Рис. 4. Интерфейсное окно «Форма выбора и заполнения данных по системам инженерного оборудования»

Взаимодействие с первым методом осуществляется в верхней части программного модуля. Левая часть представляет список систем инженерного оборудования для анализа. При выборе систем инженерного оборудования происходит их автоматический перенос в правую таблицу. Для определения физического износа выбранной системы инженерного оборудования по

фактическому состоянию в правой части предусмотрена возможность открытия соответствующей вспомогательной таблицы, содержащей признаки износа и соответствующие им граничные значения. Пользователь определяет степень физического износа системы и заносит соответствующее значение в таблицу. В результате появляются рекомендуемые виды работ по устранению физического износа (рис. 5).

Оценка физического износа внутренних систем инженерного оборудования

Сформировать отчет

Модуль определения физического износа внутренних систем инженерного оборудования по фактическому состоянию

Система инженерного оборудования:

- ☐ Горячее водоснабжение
- ☒ Холодное водоснабжение
- ☐ Электрооборудование
- ☒ Центральное отопление
- ☐ Канализация и водостоки
- ☐ Печи
- ☐ Мусоропроводы

Модуль расчета физического износа

Система инженерного оборудования	Количество этажей в доме
☐ Горячее водоснабжение	1
☐ Центральное отопление	1
☒ Холодное водоснабжение	1
☐ Канализация и водостоки	1
☐ Электрооборудование	1

Внутренняя система инженерного оборудования	Физический износ, %	Примерный состав работ
Центральное отопление	45	Замена магистралей, частичная замена стояков и отопительных приборов, восстановление теплоизоляции, замена калориферов

Признаки	Физический износ, %	Примерный состав работ
Ослабление прокладок и набивки запорной арматуры, нарушения окраски отопительных приборов и стояков, нарушение теплоизоляции магистралей в отдельных местах	0-20	Замена прокладок, набивка сальников, восстановление теплоизоляции труб (местами)
Капельные течи в местах врезки запорной арматуры, приборов и в секциях отопительных приборов; отдельные хомуты на стояках и магистралах; значительные нарушения теплоизоляции магистралей, следы ремонта калориферов	21-40	Частичная замена запорной арматуры, отдельных отопительных приборов, замена стояков и отдельных участков магистралей; восстановление теплоизоляции; ремонт и наладка калориферов
Капельные течи в отопительных приборах и местах их врезки; следы протечек в отопительных приборах, следы их восстановления, большое количество хомутов на стояках и в магистралах, следы их ремонта отдельными местами и выборочной заменой; коррозия трубопроводов магистралей; неудовлетворительная работа калориферов	41-60	Замена магистралей, частичная замена стояков и отопительных приборов, восстановление теплоизоляции, замена калориферов
Массовое повреждение трубопроводов (стояков и магистралей), сильное поражение	61-100	Полная замена системы

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости систем центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет	Финансовый износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %

Рис. 5. Интерфейсное окно «Оценка физического износа систем инженерного оборудования по фактическому состоянию»

Реализация второго метода оценки располагается в нижней части программного модуля, и работает схожим образом (рис. 6). Левая часть представляет список систем инженерного оборудования для анализа. При выборе систем инженерного оборудования он автоматически переносится в правую таблицу, где появляются элементы выбранной системы инженерного оборудования. Помимо этого, следует заполнить специальное поле «Количество этажей в доме» для занесения данных в таблицу по определённому критерию. В результате чего в правой таблице напротив элементов выбранной системы автома-

тически появятся значения удельных весов в зависимости от этажности здания. Затем необходимо определить срок эксплуатации элементов системы инженерного оборудования и непосредственно произвести оценку физического износа элементов по графикам. Для этого реализована функция открытия графика для соответствующего элемента системы инженерного оборудования. График можно масштабировать и перемещать. При нажатии на кривые графика выбирается значение, которое автоматически записывается в соответствующую графу таблицы элемента системы инженерного оборудования.

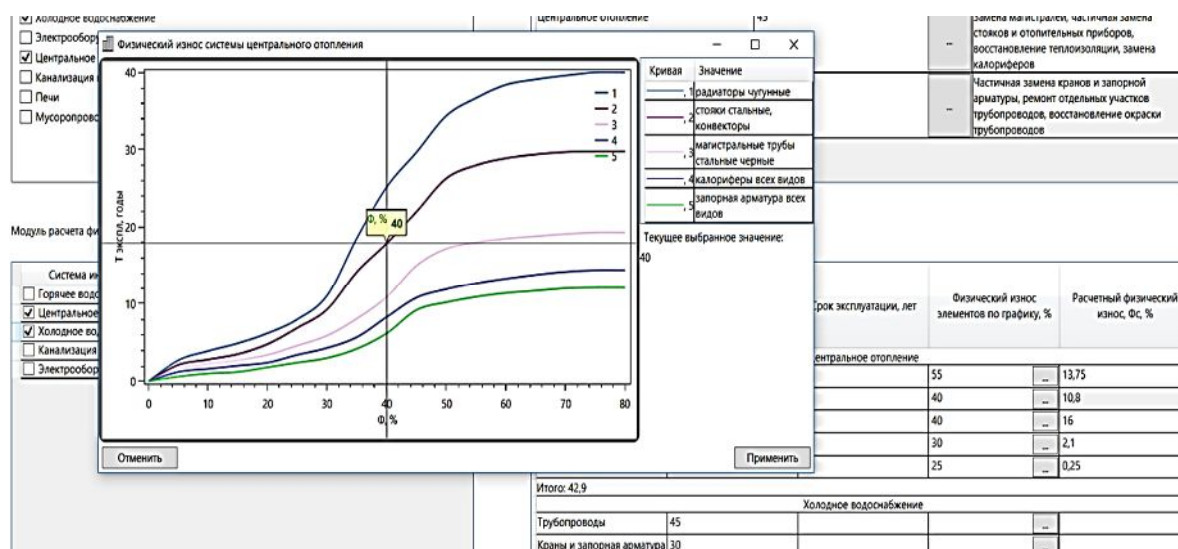


Рис. 6. Интерфейсное окно «Определение физического износа элементов системы инженерного оборудования по сроку службы»

При заполнении всех полей в таблице автоматически производится расчёт как физического износа по элементам системы инженерного оборудования, так и в целом по выбранной системе

инженерного оборудования по сроку службы (рис. 7).

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости системы центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет	Физический износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %
Центральное отопление				
Магистраль	25	18	55	13,75
Стояки	27	18	40	10,8
Отопительные прибор	40	18	40	16
Запорная арматура	7	3	30	2,1
Калориферы	1	3	25	0,25
Итого: 42,9				
Холодное водоснабжение				
Трубопроводы	45	15	40	18
Краны и запорная арматура	30	6	36,47	10,941
Бачки смывные	25	5	30	7,5
Итого: 36,441				

Рис. 7. Интерфейсное окно «Итоговая оценка физического износа системы и ее элементов по сроку службы»

В результате формируется окно с готовыми расчетами оценки физического износа внутренних систем инженерного оборудования по двум методам расчета (рис. 8).

Оценка физического износа внутренних систем инженерного оборудования
Сформировать отчет

Модуль определения физического износа внутренних систем инженерного оборудования по фактическому состоянию

Система инженерного оборудования

☐ Горячее водоснабжение

☒ Холодное водоснабжение

☐ Электрооборудование

☒ Центральное отопление

☐ Канализация и водостоки

☐ Лифты

☐ Мультирумиды

Внутренняя система инженерного оборудования	Физический износ, %	Примерный состав работ
Центральное отопление	45	Замена магистралей, частичная замена стояков и отопительных приборов, восстановление теплоизоляции, замена калориферов
Холодное водоснабжение	39	Частичная замена кранов и запорной арматуры, ремонт отдельных участков трубопроводов, восстановление окраски трубопроводов

Модуль расчета физического износа внутренних систем инженерного оборудования по сроку службы

Система инженерного оборудования

☐ Горячее водоснабжение

☒ Центральное отопление

☒ Холодное водоснабжение

☐ Канализация и водостоки

☐ Электрооборудование

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости системы центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет	Физический износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %
Центральное отопление				
Магистраль	25	18	55	13,75
Стояки	27	18	40	10,8
Отопительный прибор	40	18	40	16
Запорная арматура	7	3	30	2,1
Калориферы	1	3	25	0,25
Итого: 42,9				
Холодное водоснабжение				
Трубопроводы	45	15	40	18
Краны и запорная арматура	30	6	36,47	10,941
Бачки смывные	25	5	30	7,5
Итого: 36,441				

Рис. 8. Интерфейсное окно «Результаты проведенной оценки физического износа систем и элементов инженерного оборудования»

В программном модуле предусмотрена возможность генерации и сохранения отчета (рис. 9), а также заложена валидация на корректность введенных данных и заполнение всех полей (рис. 10).

Отчет оценки физического износа внутренних систем инженерного оборудования

Внутренняя система инженерного оборудования	Модуль определения физического износа внутренних систем инженерного оборудования по фактическому состоянию	Модуль расчета физического износа внутренних систем инженерного оборудования по сроку службы	Итоговый физический износ	Примерный состав работ
Центральное отопление	45	42,9	45	Замена магистралей, частичная замена стояков и отопительных приборов, восстановление теплоизоляции, замена калориферов
Холодное водоснабжение	39	36,441	39	Частичная замена кранов и запорной арматуры, ремонт отдельных участков трубопроводов, восстановление окраски трубопроводов

Отчет по элементам систем внутреннего инженерного оборудования

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости системы центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет	Физический износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %
Центральное отопление				
Магистраль	25	18	55	13,75
Стояки	27	18	40	10,8
Отопительные приборы	40	18	40	16
Запорная арматура	7	3	30	2,1
Калориферы	1	3	25	0,25
Итого: 42,9				
Холодное водоснабжение				
Трубопроводы	45	15	40	18
Краны и запорная арматура	30	6	36,47	10,941
Бачки смывные	25	5	30	7,5
Итого: 36,441				

Рис. 9. Отчет по оценке физического износа внутренних систем инженерного оборудования

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости системы центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет	Физический износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %
Центральное отопление				
Магистраль	25	18	55	13,75
Стояки	27	18		
Отопительные прибор	40		40	16
Запорная арматура	7	3		
Калориферы	1	3		
Итого: не рассчитано				
Холодное водоснабжение				
Трубопроводы	45	15		
Краны и запорная арматура	30	6		
Бачки смывные	25	3		

Рис. 10. Интерфейсное окно «Проверка корректности введенных данных»

Заключение. Таким образом, для обеспечения выполнения расчетов параметров физического износа зданий в соответствии с рекомендациями Министерства строительства РФ разработан программный модуль, автоматизирующий их выполнение. Использование автоматизированных методов обработки результатов экспериментальных измерений с интеграцией стандартных процессов анализа может дополнительно ускорить процесс оценки физического износа зданий. Имеется возможность дальнейшего развития и усовершенствования программного модуля, а интеграция данной системы в web-ориентированную систему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сазонов Э.В., Воробьева Ю.А. Информационно-диагностический анализ развития износа гражданских зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 5 (557). С. 118–121.
2. Семенов В.Н., Воробьева Ю.А. Информационно-диагностическое обеспечение технического состояния зданий // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 10. С. 150–153.
3. Васильев А.А. Анализ существующей оценки физического износа конструкций зданий и сооружений // В сборнике: OPEN INNOVATION сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2019. С. 36–38.
4. Holický M. New European Document on Assessment of Existing Structures and Building Stock 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 290012133 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012133>
5. Шмелев Г.Д. Экспертный метод прогнозирования остаточного срока службы строительных конструкций по их физическому износу // Строительство и реконструкция. 2014. № 3 (53). С. 31–39.
6. Кудинова Д.В. Оценка физического износа зданий и сооружений // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова 2017. С. 3846–3851.
7. Егорова Е.М., Шабанов Ш.Э. Определение степени физического износа // Научный журнал. 2017. № 3 (16). С. 19–20.
8. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. Проблемы определения физического износа зданий посредством применения сборников ВСН // В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 15–17.
9. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий // Госгражданстрой. М.: Прейскурантиздат. 1988. 72 с.
10. Воробьева Ю.А., Лопатина Е.С. Применение информационных систем при эксплуатации жилищного фонда // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. № 6 (42). С. 66–68.
11. Holický M. Operational approach to assessment of existing structures (ICOSSAR, Vienna) 2017.
12. Holický M. Reliability analysis for structural design (SUN MeDIA Stellenbosch) ZA, 2009 199 p.
13. Diamantidis D., Holický Metal Reliability differentiation Guidebook 1, Load effects on Buildings (CTU in Prague, Klokner Institute) 2009, pp. 48–61.
14. Прыгунова М.С., Филиппова Е.Б. Автоматизация методов расчета физического износа зданий // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. № 11 (207). С. 39–42.
15. Jakob Taraben, Norman Hallermann, Jens Kersten, Guido Morgenthal and Volker Rodehorst

Case study for the integration of geometrical analyses for structural condition assessment in building information models 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci.

Eng. 365 022054
899X/365/2/022054

[https://doi.org/10.1088/1757-](https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/2/022054)

Информация об авторах

Курипта Оксана Валериевна, кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве. E-mail: kuripta-okcana@mail.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Воробьева Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства. E-mail: cssp38@yandex.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Минакова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве. E-mail: olgminka@gmail.com. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Поступила в июне 2019 г.

© Курипта О.В., Воробьева Ю.А., Минакова О.В., 2019

***Kuripta O.V., Vorob'eva Y.A., Minakova O.V.**

Voronezh State Technical University

Russia, 394000, Voronezh Region, Voronezh, st. 20 years of October, 84

** E-mail: kuripta-okcana@mail.ru*

THE PROGRAM MODULE OF CALCULATION OF PHYSICAL WEAR OF BUILDINGS BASED ON EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THEIR DAMAGES

Abstract. *The article raises the issue of current interest of automation the process of calculation and evaluation of physical buildings deterioration. This is the most important indicator that characterizes the physical condition of the building in quantitative terms and is of interest to realtors and management companies. Calculation and assessment of physical wear and tear of buildings is a difficult and time-consuming task and is currently carried out manually or by means of Microsoft Office Excel. In this regard, the software module is proposed and developed that allows to calculate and evaluate the physical wear of buildings according to VSN 53-86 (p), which reduces the complexity and time of assessing physical wear. The software module is developed using MongoDB Server, IDE Studio 3T, Microsoft Visual Studio programming system 2017. NET Framework 4.6.1, WPF technologies, in C#, Net, using the MVVM architectural pattern. The user is provided with the following functionality when working with the software module: selection of the studied system elements, reference information of signs of their wear, automatic calculation of physical wear and reporting on the received assessment. The program module is tested at the Department of housing and communal services of the Voronezh state technical University.*

Keywords: *physical wear of buildings, objective diagnostics, program module, automatic calculation.*

REFERENCES

1. Sazonov E.V., Vorob'eva Y.A. Information and diagnostic analysis of the development of the deterioration of civil buildings [Informatsionno-diagnosticheskiy analiz razvitiya iznosa grazhdanskikh zdaniy]. News of higher educational institutions. Building. 2005. No. 5 (557). Pp. 118–121. (rus)
2. Semenov V.N., Vorob'eva Y.A. Information and diagnostic support of the technical condition of buildings [Informatsionno-diagnosticheskoye obespecheniye tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy]. Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2005. Vol. 1. No. 10. Pp. 150–153. (rus)
3. Vasiliev A.A. Analysis of the existing assessment of the physical deterioration of structures of buildings and structures [Analiz sushchestvuyushchey otsenki fizicheskogo iznosa konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy]. In the collection: OPEN INNOVATION collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference. Penza, 2019. Pp. 36–38. (rus)
4. Holický M. New European Document on Assessment of Existing Structures and Building Stock 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 290 012133 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012133>
5. Shmelev G.D. Expert method for predicting the residual life of building structures according to their physical deterioration [Ekspertnyy metod prognozirovaniya ostatochnogo sroka sluzhby stroitel'nykh konstruktivnykh po ikh fizicheskomu

iznosu]. Construction and Reconstruction. 2014. No. 3 (53). Pp. 31–39. (rus)

6. Kudinova D.V. Assessment of physical deterioration of buildings and structures [Otsenka fizicheskogo iznosa zdaniy i sooruzheniy]. In the collection: International Scientific and Technical Conference of Young Scientists BSTU. V.G. Shukhov 2017. Pp. 3846–3851. (rus)

7. Yegorova E.M., Shabanov, Sh.E. Determining the degree of physical deterioration [Opredeleniye stepeni fizicheskogo iznosa]. Scientific Journal. 2017. No. 3 (16). Pp. 19–20. (rus)

8. Zharikov I.S., Skrypnik OG Problems of determining the physical deterioration of buildings through the use of collections VSN [Problemy opredeleniya fizicheskogo iznosa zdaniy posredstvom primeneniya sbornikov VSN]. In the collection: Science and innovation in construction (on the 45th anniversary of the Department of Construction and Municipal Economy): a collection of reports of the International Scientific and Practical Conference. Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2017. Pp. 15–17. (rus)

9. BCH 53-86 (p) Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings [Pravila ocenki fizicheskogo iznosa zhilyh zdaniy]. Gostrazhdanstroy. M.: Pricelist. 1988. 72 p. (rus)

10. Vorob'eva Y.A., Lopatina E.S. The use of

information systems in the operation of the housing stock [Primeneniye informatsionnykh sistem pri ekspluatatsii zhilishchnogo fonda]. Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2018. Vol. 6. No. 6 (42). Pp. 66–68. (rus)

11. Holický M. Operational approach to assessment of existing structures (ICOSSAR, Vienna). 2017.

12. Holický M. Reliability analysis for structural design (SUN MeDIA Stellenbosch) ZA, 2009, 199 p.

13. Diamantidis D, Holický Metal Reliability Differentiation Guidebook 1, Load effects on Buildings (CTU in Prague, Klokner Institute) 2009, pp. 48–61.

14. Prygunova M.S., Filippova E.B. Automation of methods for calculating the physical deterioration of buildings [Avtomatizatsiya metodov rascheta fizicheskogo iznosa zdaniy]. Advances in chemistry and chemical technology. 2018. Vol. 32. No. 11 (207). Pp. 39–42. (rus)

15. Jakob Taraben, Norman Hallermann, Jens Kersten, Guido Morgenthal and Volker Rodehorst Case study for the integration of geometrical analyses for structural condition assessment in building information models 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 365 022054 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/2/022054>

Information about the authors

Kuripta, Oksana V. PhD, Assistant professor. E-mail: kuripta-okcana@mail.ru. Voronezh State Technical University. Russia, 394000, Voronezh, st. 20 years of October, 84.

Vorob'eva, Yulya A. PhD, Assistant professor. E-mail: cccc38@yandex.ru. Voronezh State Technical University. Russia, 394000, Voronezh, st. 20 years of October, 84.

Minakova, Olga V. PhD, Assistant professor. E-mail: olgmina@gmail.com. Voronezh State Technical University. Russia, 394000, Voronezh, st. 20 years of October, 84.

Received in June 2019

Для цитирования:

Курипта О.В., Воробьева Ю.А., Минакова О.В. Программный модуль расчета физического износа зданий на основе экспериментальной оценки их повреждений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 17–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-17-25

For citation:

Kuripta O.V., Vorob'eva Y.A., Minakova O.V. The program module of calculation of physical wear of buildings based on experimental assessment of their damages. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 17–25. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-17-25

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-26-33

Виноградова Н.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

E-mail: natasha-vinograd@mail.ru

УЧЕТ СТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В РАСЧЕТАХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Аннотация. Сборно-монолитные перекрытия являются оптимальным решением с точки зрения стоимости и сроков производства работ. Кроме того, за счет легких блоков заполнения, входящих в устройство сборно-монолитной конструкции, перекрытие имеет меньший вес, чем классическое монолитное или сборное. В рамках данной работы были проведены расчеты элементов сборно-монолитных перекрытий – железобетонных тавровых балок со стальным тонкостенным профилем, который используется на этапе строительно-монтажных работ в первую очередь в качестве опалубки. Тем не менее, учет в расчетах стального профиля в качестве внешнего армирования повышает несущую способность балок на 50 %. Для оценки фактического влияния стального тонкостенного профиля на прочностные характеристики элементов конструкции были проведены экспериментальные исследования. По результатам эксперимента было выявлено, что вклад стального тонкостенного профиля в несущую способность балок составляет 15 %, в то время как если уменьшить проскальзывание профиля за счет анкеровки в приопорных зонах – несущая способность увеличивается на 55% по сравнению с аналогичными балками без профиля.

Ключевые слова: сталежелезобетон, внешнее армирование, тонкостенный стальной профиль, несущая способность, прочность.

Введение. Сборно-монолитные перекрытия являются оптимальной конструкцией с точки зрения снижения веса при сохранении необходимой несущей способности, сокращения сроков производства работ, а также уменьшения стоимости строительства. Сравнительный анализ монолитного, сборно-монолитного и сборного типов перекрытий, представленный в статье [1], показал очевидную конкурентоспособность сборно-

монолитных перекрытий в сравнении с традиционными конструкциями.

Такие перекрытия состоят из железобетонных балок с объемным треугольным каркасом из арматурных стержней, блоков заполнения из различных легких бетонов, а также монолитного слоя бетона, укладываемого на строительной площадке (рис. 1) [2].

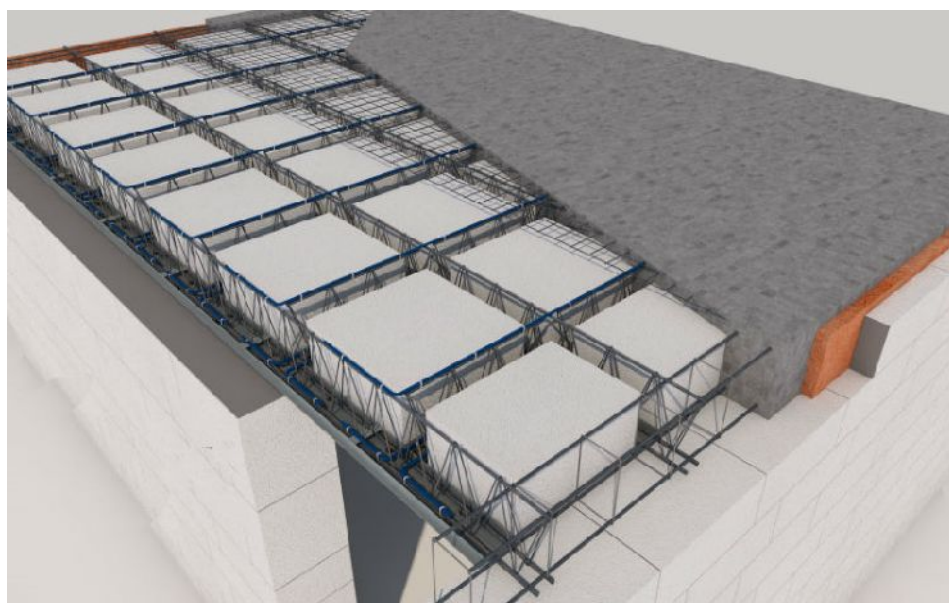


Рис. 1. Устройство сборно-монолитного перекрытия

В ходе работы были исследованы два основных типанесущих элемента сборно-монолитных перекрытий – с бетонным основанием и с ос-

нованием в виде стального тонкостенного профиля, выполняющего роль опалубки на стадии укладки монолитного бетона (рис. 2) [3].

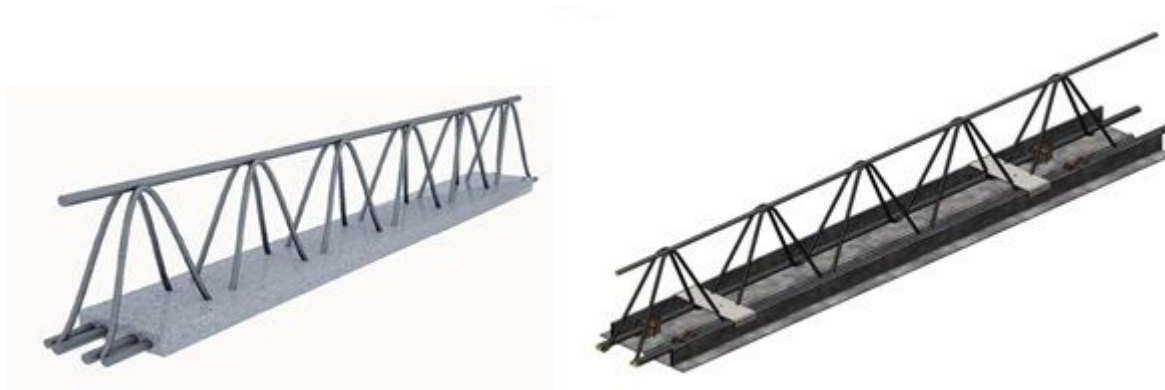


Рис. 2. Основные типы несущих элементов для сборно-монолитных перекрытий

Обзор литературы показал, что несмотря на большое количество экспериментальных и теоретических исследований сталежелезобетонных конструкций, вопрос совместной работы бетона и стального листа требует дополнительных исследований. Поиск конструктивных вариантов, оптимальных с точки зрения строительно-монтажных работ и одновременно обеспечивающих надежное сцепление бетона и стали, в настоящее время продолжает быть актуальным [4-15].

Кроме того, сдерживающим фактором широкого применения сталежелезобетонных конструкций при проектировании и строительстве в Российской Федерации являлось отсутствие до 2017 г. специализированного свода правил, в то

время как в странах Евросоюза с 1994 г. существует стандарт – Еврокод 4 «Проектирование сталежелезобетонных конструкций» [16].

Методология. В качестве исследуемого объекта приняты тавровые железобетонные балки с шириной ребра 120 мм, шириной полки – 740 мм, высотой 250 мм и длиной 3000 мм со стальным тонкостенным профилем или без него (рис. 3,4). Для оценки влияния тонкостенного стального профиля на несущую способность балочных элементов были проведены экспериментальные исследования трех образцов: без профиля (балка I), со стальным профилем (балка III-I) и с анкерным стальным профилем в приопорных зонах (по 10 дюбелей с каждой стороны с целью крепления стального профиля к бетону – балка III-II) (рис. 5, 6).

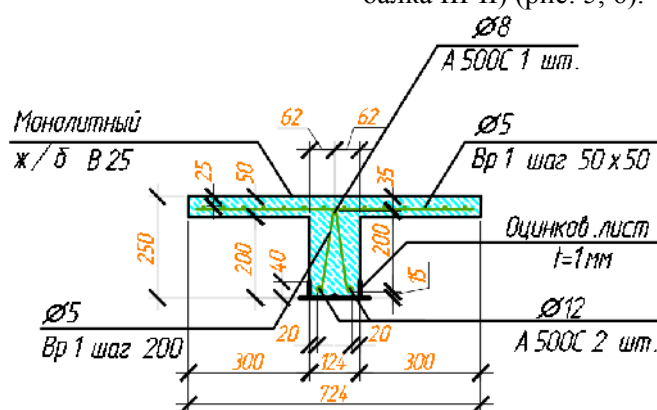


Рис. 3. Поперечное сечение балки со стальным тонкостенным профилем

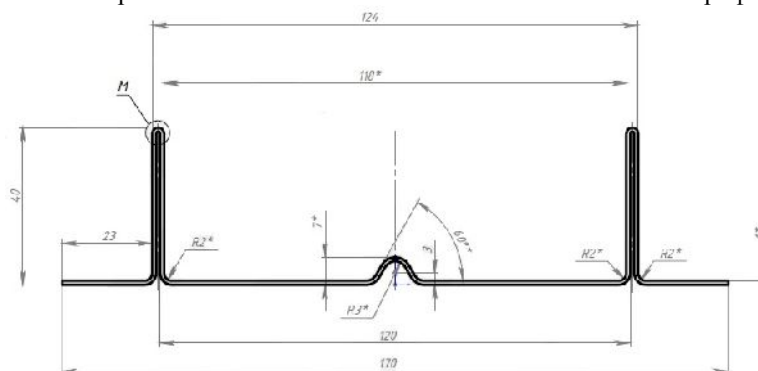


Рис. 4. Стальной тонкостенный профиль

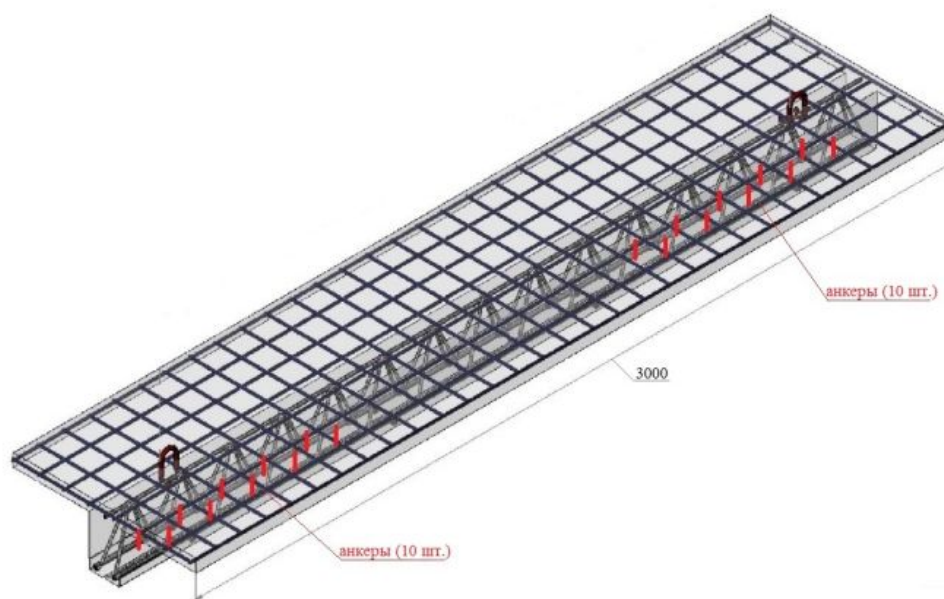


Рис. 5. Анкеровка стального профиля в приопорных зонах

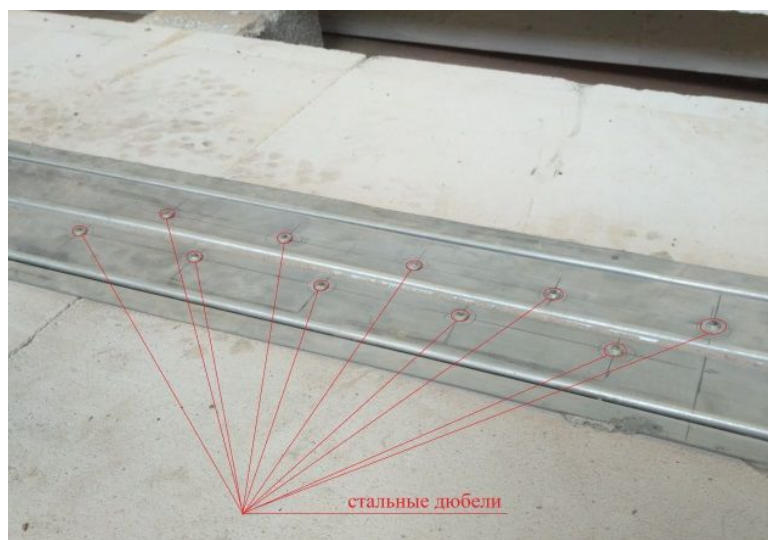


Рис. 6. Фотоиллюстрация анкеровки стального профиля

Анализ СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» показал, что нормативный документ не позволяет произвести расчет тавровых железобетонных ба-

лок со стальным тонкостенным профилем и в целом имеет достаточно ограниченную область применения, а именно:

- сталежелезобетонные плиты с профилированным настилом (рис. 7);

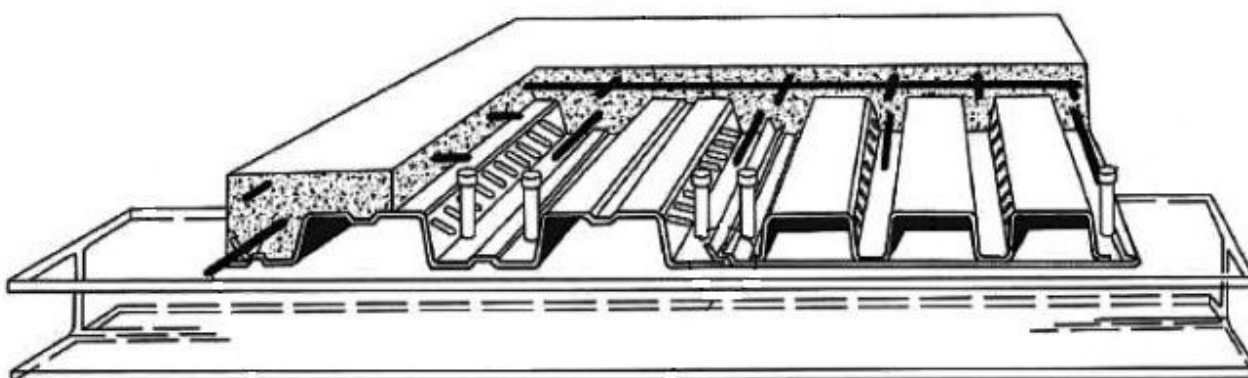


Рис. 7. Сталежелезобетонная плита с профилированным настилом

- комбинированные балки (рис. 8);

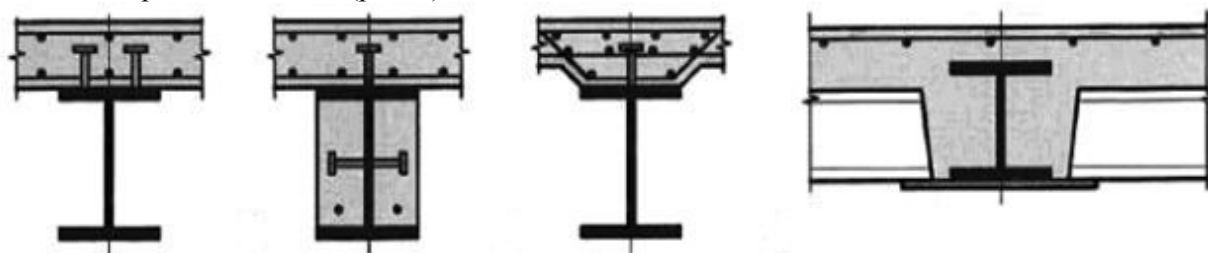


Рис. 8. Комбинированные балки

- железобетонные конструкции с жесткой арматурой, работающие на центральное или вне-центренное сжатие, растяжение (рис. 9);

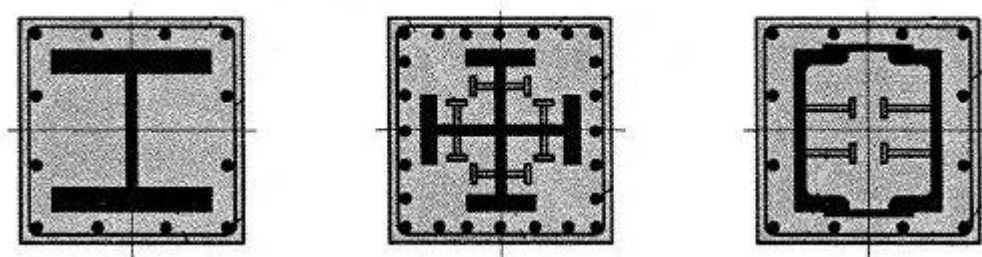


Рис. 9. Железобетонные конструкции с жесткой арматурой

- трубобетонные конструкции с внешней тонкой или железобетонным ядром (рис. 10).
стальной оболочкой в виде круглой трубы, с бе

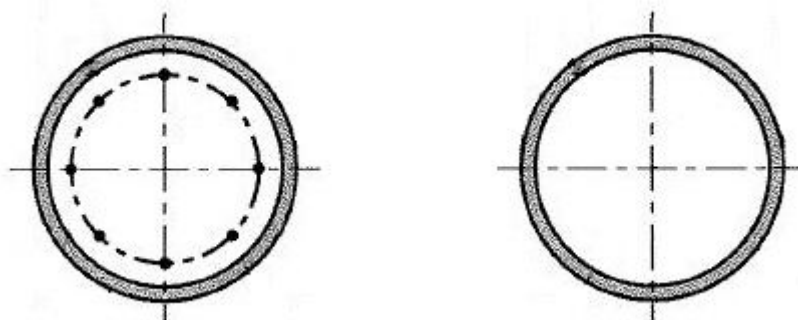


Рис. 10. Трубобетонные конструкции

Таким образом, расчет прочности и деформации тавровых железобетонных балок со стальным тонкостенным профилем производился на основании методов, продиктованных СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

Экспериментальные исследования проводились по схеме шарнирно-опертой балки с двумя

равными сосредоточенными силами, приложенными в третях пролета (рис. 11). Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 8829-94 «Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости».

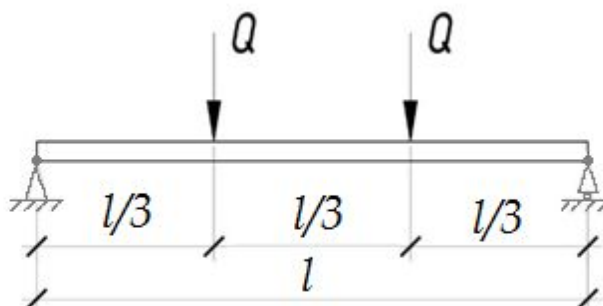


Рис. 11. Схема испытаний балок

Нагрузка прикладывалась при помощи гидравлических домкратов. Усилия Q , создаваемые домкратами, определялось с помощью электронных динамометров ДМС-30/1МГ4, а также доста-

точно точно контролировались по величине давления рабочей жидкости (масла) в системе нагнетания.

Фотоиллюстрации экспериментальных исследований представлены на рис. 12.



Рис. 12. Фотоиллюстрации экспериментальных исследований

Основная часть. Расчет сталежелезобетонных балок сборно-монолитных перекрытий по прочности нормальных сечений согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» производится из уравнений равновесия изгибающих моментов

и проекций продольных сил на продольную ось элемента, действующих в нормальном сечении от внешних нагрузок и от усилий в сжатой зоне бетона и в арматуре растянутой зоны (рис. 13):

$$\sum M = 0; \sum N = 0. \quad (1)$$

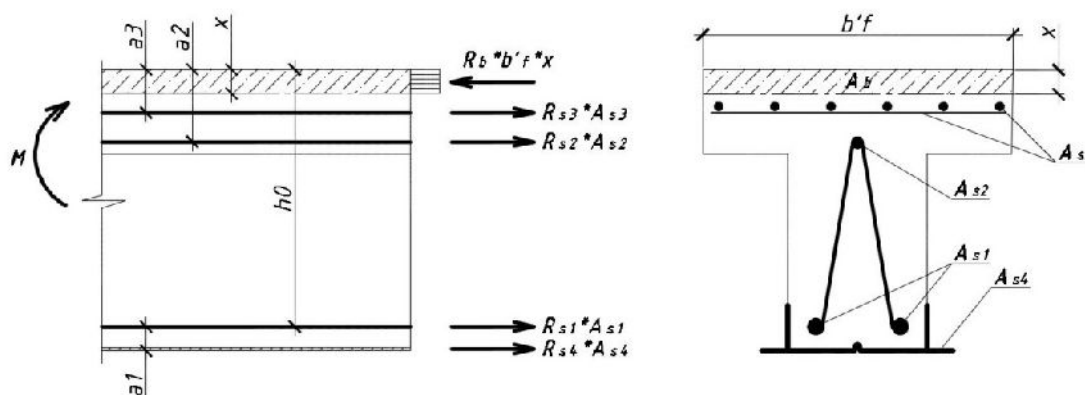


Рис. 13. Расчетная схема усилий в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента при его расчете по прочности

Уравнение равновесия изгибающих моментов рассматривается относительно оси, проходящей через центр тяжести арматуры A_{s1} , таким образом:

$$\sum M = 0 \Rightarrow M = R_b \cdot b'f \cdot x \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) - \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot (h_0 - a_2) - \sigma_{s3} \cdot A_{s3} \cdot (h_0 - a_3) - [\sigma_{s4} \cdot A_{s4} \cdot (h_0 - a_4)]; \quad (1)$$

$$\sum N = 0 \Rightarrow x = \frac{\sum R_{si} \cdot A_{si}}{R_b \cdot b'f}, \quad (2)$$

где R_{si} – расчетное сопротивление арматуры A_{si} растяжению, МПа; σ_{si} – сопротивление арматуры A_{si} растяжению, МПа; A_{si} – площадь арматуры

A_{si} , см²; x – высота сжатой зоны бетона, см; R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа.

Примечания:

1. Расчет проводится до достижения напряжениями σ_{s1} и/или σ_{s4} задаваемого критерия прочности (традиционно R_s).

2. Представленная модель является основой для уточнения (проверки) разрабатываемой деформационной модели для неоднородного сталежелезобетонного элемента с внешним листовым армированием.

Прочностные характеристики примененных материалов определялись в соответствии с требованиями нормативных документов: бетон В25, арматура – класса А500, арматурная сетка – Вр1, характеристики тонкостенного стального профиля R_s принимались по данным от завода-изготовителя.

После проведенных экспериментов были повторно произведены расчеты тавровых железобетонных балок со стальным тонкостенным профилем, где характеристики механических свойств бетона были приняты фактическими, с учетом испытаний образцов-кубиков до разрушения по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» и по ГОСТ 24452-80 «Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона».

Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными значениями представлены в таблице 1.

Таблица 1

Опытные и расчетные значения несущей способности балок

Балка I (без профиля)	Балка III-I (с профилем)	Балка III-II (с профилем и анкерровкой)
Расчетные значения		
2620 62,5%	4720 117,5 %	4540 113 %
Опытные значения		
4020 100 %	4620 115,7 %	6120 155 %

Примечания:

1. Над чертой – значения изгибающих моментов M в кг*м, под чертой – значения в относительных величинах (в %);

2. За 100 % принят экспериментальный разрушающий изгибающий момент балки I (без профиля).

Выводы. Сопоставление расчетов по методике СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» с результатами эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

1. У образца со стальным профилем (балка III-I) несущая способность на 15 % выше, чем у образца без профиля (балка I);

2. У образцов, в которых стальной профиль заанкерен в бетон при помощи стальных дюбелей в приопорных зонах (балки III-II), несущая способность на 55 % выше, чем у образца без профиля (балка I);

3. Расчетные значения несущей способности балок, в среднем, на 35–40 %, ниже соответствующих опытных величин, что связано, главным образом, с осторожной оценкой нормами расчетных характеристик бетона и арматуры соответствующих классов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Недвига Е.С., Виноградова Н.А. Системы сборно-монолитных перекрытий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №4(43). С. 87–107.

2. Ватин Н.И., Величкин В.З., Козинец Г.Л., Корсун В.И., Рыбаков В.А., Жувак О.В. Технология сборно-монолитных балочных железобетонных перекрытий с керамзитобетонными блоками // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. №7(70). С. 43–59.

3. Derysz J., Lewinski P.M., Wiech P.P. New concept of steel-reinforced concrete floor slab in the light of computation model and experimental research // Procedia Engineering. 2017. Vol. 193. Pp. 168–175.

4. Балуев В.Ю. Автоматизированное оптимальное проектирование сталежелезобетонных перекрытий : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2004. 149 с.

5. Замалиев Ф.С. Экспериментальные исследования пространственной работы сталежелезобетонных конструкций // Вестник МГСУ. 2009. №8. С. 20–37.

6. Rybakov V.A., Kozinets G.L., Vatin N.I., Velichkin V.Z., Korsun V.I. Lightweight steel concrete structures technology with foam fiber-cement sheets // Magazine of Civil Engineering. 2018. Vol. 6(82). Pp. 103–111.

7. Медведев В.Н., Семенюк С.Д. Прочность и деформативность балочных изгибаемых элементов с внешним листовым армированием // Инженерно-строительный журнал. 2016. №3(63). С. 3–15.

8. Soty R., Shima H. Formulation for Maximum Shear Force on L-Shape Shear Connector Subjected to Strut Compressive Force at Splitting Crack Occurrence in Steel-Concrete Composite Structures // Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. Pp. 2420–2428.

9. Kvocak V., Kozlejova V., Dubecky D. Analysis of encased steel beams with hollow cross-sections // Procedia Engineering. 2012. Vol. 40. Pp. 223–228.

10. Козлов К.В. Изгиб неразрезной сталежелезобетонной балки с учетом нелинейной ползучести бетона // Вестник гражданских инженеров. 2011. №4(29). С. 59–64.

11. Holomek J., Bajera M., Vilda M. Test Arrangement of Small-scale Shear Tests of Composite Slabs // Procedia Engineering. 2016. Vol. 161. Pp. 716–721.

Информация об авторах

Виноградова Наталья Анатольевна, аспирант кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений». E-mail: natasha-vinograd@mail.ru. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

Поступила в августе 2019 г.

©Виноградова Н.А., 2019

Vinogradova N.A.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Russia, 195251, St. Petersburg, Politechnicheskaya, 29
E-mail: natasha-vinograd@mail.ru

ACCOUNTING THE STEEL PROFILE IN THE CALCULATIONS OF THE LOADING CAPABILITY OF STEEL-CONCRETE BEAMS

Abstract. Prefabricated monolithic floors are the best solution in terms of cost and time of work. In addition, due to the lightweight filling blocks included in the prefabricated monolithic structure, the overlap has less weight than the classic monolithic or precast slabs. Within the framework of this article, elements of prefabricated monolithic floors – reinforced concrete T-beams with a steel thin-walled profile, which is used primarily as formwork at the stage of construction and installation works, are calculated. Nevertheless, the calculation of the steel profile as an external reinforcement increases the load-bearing capacity of the beams by 50 %. To assess the fact effect of the steel thin-walled profile on the strength characteristics of structural elements, experimental studies are conducted. According to the results of the experiment, it is found that the contribution of the steel thin-walled profile to the bearing capacity of the beams is 15 %, while if the profile slip due to anchoring in the supporting zones is reduced, the bearing capacity increases by 50–60 % compared to similar beams without a profile.

Keywords: composite structures, external reinforcement, thin-walled steel profile, bearing capacity, strength.

REFERENCES

1. Nedviga E.S., Vinogradova N.A. Systems of prefabricated monolithic slabs [Sistemy sbornomonolitnyh perekrytij]. Construction of Unique

12. Nadasky P. Steel-Concrete Composite Beams for Slim Floors – Specific Design Features in Scope of Steel Flames Design // Procedia Engineering. 2012. Vol. 40. Pp. 274–279.

13. Ahmed I.M., Tsavdaridis K.D. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches // Journal of Constructional Steel Research. 2019. Vol. 155. Pp. 286–300.

14. Грешкина Е.В., Починков В.П. Задачи исследования влияния внешнего армирования на прочность стенки железобетонных балок // Научные труды КубГТУ. 2018. №1. С. 55–70.

15. Кибирева Ю.А., Астафьева Н.С. Применение конструкций из сталежелезобетона // Экология и строительство. 2018. №2. С. 27–34.

16. Rybakov V.A., Ananyeva I.A., Rodicheva A.O., Ogidan O.T. Stress-strain state of composite reinforced concrete slab elements under fire activity // Magazine of Civil Engineering. 2017. Vol. 6(74). Pp. 161–174.

Buildings and Structures. 2015. No. 4(43). Pp. 87–107. (rus)

2. Vatin N.I., Velichkin V.Z., Kozinets G.L., Korsun V.I., Rybakov V.A., Zhuvak O.V. Precast-

monolithic reinforced concrete beam-slabs technology with claydit blocks [Tekhnologiya sborno-monolitnyh balochnyh zhelezobetonnyh perekrytij s keramzitobetonnyimi blokami]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2018. No. 7(70). Pp. 43–59. (rus)

3. Derysz J., Lewinski P.M., Wiech P.P. New concept of steel-reinforced concrete floor slab in the light of computation model and experimental research. Procedia Engineering. 2017. Vol. 193. Pp. 168–175.

4. Baluev V.Yu. Automated optimal design of steel-reinforced concrete floors [Avtomatizirovanoe optimal'noe proektirovanie stalezhelezobetonnyh perekrytij] : dis. ... kand. tekhn. nauk. Yekaterinburg: USTU, 2004. 149 p. (rus)

5. Zamaliev F.S. Experimental research of the three-dimensional performance of composite steel and concrete structures [Eksperimental'nye issledovaniya prostranstvennoj raboty stalezhelezobetonnyh konstrukcij]. Vestnik MGSU. 2009. No. 8. Pp. 20–37. (rus)

6. Rybakov V.A., Kozinets G.L., Vatin N.I., Velichkin V.Z., Korsun V.I. Lightweight steel concrete structures technology with foam fiber-cement sheets. Magazine of Civil Engineering. 2018. Vol. 6(82). Pp. 103–111.

7. Medvedev V.N., Semenyuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement [Prochnost' ideformativnost' balochnyhizgibaemyhelementov s vneshnimlistovymarmirovaniem]. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 3(63). Pp. 3–15. (rus)

8. Soty R., Shima H. Formulation for Maximum Shear Force on L-Shape Shear Connector Subjected to Strut Compressive Force at Splitting Crack Occurrence in Steel-Concrete Composite Structures. Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. Pp. 2420–2428.

9. Kvocak V., Kozlejova V., Dubecky D. Analysis of encased steel beams with hollow cross-sections. Procedia Engineering. 2012. Vol. 40. Pp. 223–228.

10. Kozlov K.V. The bending of continuous composite steelreinforced concrete beam with non-linear concrete creep [Izgib nerazreznoj stalezhelezobetonnoj balki s uchetom nelinejnoj polzuchesti betona]. Bulletin of Civil Engineers. 2011. No. 4 (29). Pp. 59–64. (rus)

11. Holomek J., Bajera M., Vilda M. Test Arrangement of Small-scale Shear Tests of Composite Slabs. Procedia Engineering. 2016. Vol. 161. Pp. 716–721.

12. Nadasky P. Steel-Concrete Composite Beams for Slim Floors – Specific Design Features in Scope of Steel Flames Design. Procedia Engineering. 2012. Vol. 40. Pp. 274–279.

13. Ahmed I.M., Tsavdaridis K.D. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and eurocode design approaches. Journal of Constructional Steel Research. 2019. Vol. 155. Pp. 286–300.

14. Greshkina E.V., Pochinok V.P. Objectives of the study the influence of external reinforcement on the strength of the wall of reinforced concrete beams [Zadachi issledovaniya vliyaniya vneshnego armirovaniya na prochnost' stenki zhelezobetonnyh balok]. Scientific works of the Kuban State Technological University. 2018. No. 1. Pp. 55–70. (rus)

15. Kibireva Yu.A., Astafieva N.S. The use of steel-concrete structures [Primenenie konstrukcij iz stalezhelezobetona]. EkologiyaiStroitelstvo. 2018. No. 2. Pp. 27–34. (rus)

16. Rybakov V.A., Ananyeva I.A., Rodicheva A.O., Ogidan O.T. Stress-strain state of composite reinforced concrete slab elements under fire activity. Magazine of Civil Engineering. 2017. Vol. 6(74). Pp. 161–174.

Information about the authors

Vinogradova, Natalya A. Postgraduate student. E-mail: natasha-vinograd@mail.ru. Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University. Russia, 195251, Saint-Petersburg, st. Polytechnicheskaya, 29.

Received in August 2019

Для цитирования:

Виноградова Н.А. Учет стального профиля в расчетах несущей способности сталежелезобетонных балок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 26–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-26-33

For citation:

Vinogradova N.A. Accounting the steel profile in the calculations of the loading capability of steel-concrete beams. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 26–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-26-33

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-34-46

Кужахметова Э.Р.

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта

Россия, 236041, Калининград, ул. А. Невского, 14

E-mail: elja_09@bk.ru

РАСЧЕТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ОБОБЩЕННЫХ ЖЕСТКОСТЕЙ И НАГРУЗОК ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТА (ЧАСТЬ 1)

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию методов расчета зданий как больших конечно-элементных систем и реализует подходы, обеспечивающие определение общей картины напряженно-деформированного состояния (НДС) проектируемого здания (сооружения) по частям, включая его конструктивные узлы и свайный фундамент. Статья содержит изложение методики, суть которой заключается в приведении жесткостей свайного фундамента в виде одиночных свай (например, под колонны каркасного общественного, жилого или производственного здания) и прилегающего массива грунта, к опорным узлам взаимодействия свай со зданием. Обобщенные коэффициенты жесткости свай (ОКЖС), полученные с учетом грунта с разными деформационными характеристиками, вводятся в общую матрицу здания для последующего определения его НДС и устойчивости. На заключительном этапе перемещения опорных точек здания позволяют рассчитать характеристики НДС свай, находящейся в грунте. В данной статье (часть 1) получены ОКЖС с учетом типов и видов грунта (песчаные и глинистые) с физико – механическими характеристиками, выбранными из нормативных документов. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса FEMAP with NX NASTRAN. Материал, посвященный структуризации модели здания, предполагается опубликовать в последующих частях настоящей статьи.

Ключевые слова: свая, свайный фундамент, жесткость свайного фундамента, метод конечных элементов, структуризация расчетной схемы, расчет на прочность, расчет на устойчивость.

Введение. Современные здания сложны и разнообразны [1–6]. Их расчетное проектирование требует эффективной структуризации – разбиения и анализа по частям. Выделение структурных компонент позволяет применять в анализе прочности и устойчивости конструкции здания различные расчетные подходы и схемы. В качестве примера можно привести каркасное здание с комбинированным волнообразным покрытием (рис.1), которое в процессе поиска рациональных конструктивных решений необходимо многократно рассчитывать на прочность и устойчивость [7–9].



Рис. 1. Большепролетный спортивный комплекс с комбинированным волнообразным покрытием

Комбинированное волнообразное покрытие здания можно условно разделить на центральную часть – цилиндрическое покрытие, срединную – плоское и крайнюю – вантовое покрытие. Конструкции опираются на каркас здания, выполненный в виде торцевых диафрагм жесткости и колонн. Фундамент для каркасного здания целесообразно применить свайный [10]. Таким образом, центральная и крайняя части покрытия здания соединены срединной частью (см. рис.1), выполненной в виде плоской железобетонной плиты, обеспечивающей общую жесткость всего волнообразного покрытия. Плоские участки покрытия воспринимают усилия распора, создаваемые цилиндрической оболочкой. С одной стороны, плоские плиты должны быть узкими, чтобы сохранялся образ полуволны. С другой стороны, плиты покрытия должны обладать достаточной шириной для обеспечения жесткости цилиндрической оболочки [1]. Не менее существенный вклад плоские плиты вносят и в обеспечение прочности всего комбинированного волнообразного покрытия. Образуя радиальную систему, с одним концом ванты крепятся к наружным опорным полукольцам, закрепленным на колоннах разной высоты, а с другим концом – к закладной металлической детали [11, 12], находящейся в центре плиты плоского покрытия. Таким образом, усилия натяжения вант радиальной системы

воспринимается плоскими участками покрытия и опорными колоннами здания [7–9]. Согласно требованиям действующих нормативных документов [13] расчет здания необходимо выполнять с учетом фундамента и грунтового массива, что приводит к существенному усложнению расчетной модели. На практике трудоемкость ее построения и анализа становится весьма значительной, особенно в случае использования пространственных конечно-элементных (КЭ) сеток, которые обеспечивают наиболее полную информацию о напряженно-деформированном состоянии (НДС) проектируемого здания с учетом совместной работы с фундаментом и основанием. Порядок подобных моделей определяется не только большим числом КЭ пространственной модели здания и фундамента, но в значительной мере исключительно большим числом сопряженных КЭ грунтового массива.

Расчет пространственной модели «здание + фундамент + основание» осложняется необходимостью учета физико-механических характеристик грунта на разных глубинах заложения в соответствии с геологическим отчетом на площадке строительства. Если при этом необходимо дополнительно учесть упругопластические свойства грунта, то подобный расчет выполняется итерационным методом, значительно ограничивающим возможности вариантных исследований в рамках расчетной модели всего здания. Итерационный расчет [14] необходим также и при анализе опорных реакций вантового покрытия здания, которые имеют нелинейную зависимость от внешней нагрузки (явление геометрической и физической нелинейности деформирования) [15–18].

Требуемая структуризация здания может быть эффективно осуществлена на основе метода конечных элементов (МКЭ), который, в совокупности с методами расчета конструкции по частям в форме метода контурных и расчетных точек [19–22], реализует, по сути, системный подход к расчетным исследованиям [23, 24].

Цель исследований автора состояла в построении экономичного процесса расчетного инженерного анализа конструкции здания с учетом реакций вантового покрытия и обобщенных жесткостей свайного поля. Указанная цель предусматривает снижение общей трудоемкости, времени и стоимости расчетного исследования, эффективное определение реакций и предельных состояний фрагментов конструкции различными методами, управление процессом поиска оптимальных проектно-конструкторских решений.

Задачи исследований заключались в поиске эффективного варианта структуризации КЭ модели конструкции; в разработке обобщенных

(преобразованных) расчетных схем, предназначенных для решения прикладных задач, связанных с расчетным проектированием каркасного здания как структурно большой пространственной системы.

Данная расчетная схема предусматривает расчеты многочисленных коэффициентов жесткости упругих опор в зависимости от разновидности грунта и глубины залегания. В [25–28] приводятся дополнительные примеры определения коэффициентов жесткости упругих опор свай различными методами.

Теория структуризации

Каждая (i – ая) свая свайного фундамента (свайного поля) здания вводится в расчет обобщенными жесткостями $\|C_{\gamma}^{\delta}\|_i$, полученными методом приведения к узлам взаимодействия свай со зданием (узлам опирания – γ) с учетом прилегающего грунтового массива (узлов области δ ; см. рис. 1):

$$\|C_{\gamma}^{\delta}\|_i = \|R_{\gamma\gamma}\|_i - \|R_{\gamma\delta}\|_i \times \|R_{\delta\delta}\|_i^{-1} \times \|R_{\gamma\delta}\|_i^T, \quad (1)$$

где $\|C_{\gamma}^{\delta}\|$ – матрица (размерностью 3×3) коэффициентов жесткости свай, приведенных, к опорным узлам границы γ области δ ; $\|R_{\gamma\gamma}\|$ – матрица коэффициентов жесткости опорных узлов исходного конечно-элементного разбиения свай, расположенных на границе γ ; $\|R_{\gamma\delta}\| = \|R_{\gamma\delta}\|^T$ – матрицы взаимного влияния; $\|R_{\delta\delta}\|$ – матрицы коэффициентов жесткости исключаемой области δ без учета узлов границы γ ; T – признак транспонирования матрицы; $i = 1-N$ – порядковый номер свай; N – количество свай. При этом объем грунтового массива может быть выбран на основании результатов численного эксперимента с таким расчетом, чтобы внешние граничные условия не оказывали существенного влияния на величины обобщенных коэффициентов матрицы (1).

Приведение матрицы жесткости сопровождается приведением к ним и нагрузки $\{P_{\delta}\}$, приложенной к области δ :

$$\{P_{\gamma}^{\delta}\}_i = \|P_{\gamma}\|_i - \|R_{\gamma\delta}\|_i \times \|R_{\delta\delta}\|_i^{-1} \times \{P_{\delta}\}_i \quad (2)$$

Расчет обобщенных жесткостей всего свайного поля позволяет формировать матрицу жесткости основной (центральной) части здания (области Ω) $\|R^{\Omega}\|$ путем припасовывания к ней

матриц обобщенных коэффициентов с последующим решением разрешающей системы уравнений следующего вида:

$$\|R^{\Omega}\| \times \{q^{\Omega}\} = \{P^{\Omega}\}, \quad (3)$$

где $\|R^{\Omega}\|$ – матрица жесткости здания (Ω); $\{q^{\Omega}\}$ – вектор узловых перемещений области Ω ; $\{P^{\Omega}\}$ – вектор внешних нагрузок центральной части здания Ω . Выделяя узлы сваи, находящиеся на границе γ получаем:

$$\|R^{\Omega}\| = \begin{bmatrix} R_{\Omega\Omega} & R_{\Omega\gamma} \\ R_{\gamma\Omega} & (R_{\gamma\gamma} + C_{\gamma\gamma}^{\delta}) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $\|R_{\Omega\Omega}\|$ – матрицы коэффициентов жесткости области здания Ω без учета узлов опирания, расположенных на границах γ_i ; $\|R_{\Omega\gamma}\| = \|R_{\gamma\Omega}\|$ – матрица взаимного влияния; $\|R_{\gamma\gamma}\|, \|C_{\gamma\gamma}^{\delta}\|$ – матрицы жесткости граничных (опорных) узлов, находящихся на границах γ_i областей Ω и δ_i соответственно;

$$\|C_{\gamma\gamma}^{\delta}\| = \begin{bmatrix} C_{\gamma 1}^{\delta} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & C_{\gamma 2}^{\delta} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & C_{\gamma N}^{\delta} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$\|C_{\gamma i}^{\delta}\|$ – матрицы, полученные согласно (1); $\|0\|$ – нулевые матрицы порядка γ_i ;

$$\{q^{\Omega}\} = \{q_{\Omega}, q_{\gamma}\}, \{P^{\Omega}\} = \{P_{\Omega} + P^0, P_{\gamma}\}^T, \quad (6)$$

где $\{q_{\Omega}\}, \{P_{\Omega}\}$ – подвекторы узловых перемещений и нагрузки области Ω без учета границ γ_i ;

$\{q_{\gamma}\} = \{q_{\gamma 1}, q_{\gamma 2}, \dots, q_{\gamma N}\}^T$; $\{P_{\gamma}\} = \{P_{\gamma 1}, P_{\gamma 2}, \dots, P_{\gamma N}\}^T$ – подвекторы узловых перемещений и нагрузки узлов опирания свай; $\{P^0\} = \{P_L^0, P_R^0\}^T$ – подвектор опорных реакций вантового покрытия, дополненный нулями до соответствующего порядка вектора $\{P_{\Omega}\}$.

Подвекторы перемещений, получаемые путем решения системы уравнений (3), служат для определения деформаций в областях δ_i :

$$\{q_{\delta}\}_i = \|R_{\delta\delta}\|_i^{-1} \times \{P_{\delta}\}_i - \|R_{\delta\delta}\|_i^{-1} \times \|R_{\delta\gamma}\| \times \{q_{\gamma}\}_i, \quad (7)$$

где $\{q_{\delta}\}_i$ – вектор узловых перемещений области δ_i , используемый для определения характеристик напряженного состояния, а также для корректировки решения при развитии в ней пластических деформаций.

Материалы и методы. Для расчетного исследования выбрана железобетонная свая сплошного квадратного поперечного сечения, с размерами $b \times h = 30 \times 30$ см и длиной $L = 2$ м по ГОСТ 19.804.1. [29]. Материал – тяжелый бетон класса В15, с модулем упругости $E_b = 24 \cdot 10^3$ МПа (табл. 6.11 [30]). Значение модуля сдвига бетона принято равным $G_b = 0,4E_b = 0,4 \cdot 24 \cdot 10^3 = 9,6 \cdot 10^3$ МПа (п. 6.1.15 [30]). Коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$ (п.6.1.17 [30]).

Грунт основания – песок четвертичного отложения, пылеватый при коэффициенте пористости $e = 0,45$ с модулем деформации $E = 39$ МПа (табл. Б.1 [13]) и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$ (табл. 5. 10 [13]).

Для исследования выбран численный метод расчета сваи с грунтовым массивом. Пространственная модель сваи совместно с грунтом, сформирована в программном комплексе FEMAP with NX NASTRAN, реализующий метод конечных элементов (МКЭ). Для выполнения расчета обобщенных коэффициентов сваи (свайного поля) использовалась технология External Super element программного комплекса FEMAP with NX NASTRAN [31, 32].

Основная часть. Для определения обобщенной жесткости свайного фундамента выбрана пространственная модель сваи сплошного квадратного сечения по ГОСТ 19.804.1 [29] с грунтовым массивом в виде объемного тела – Solid с физико-механическими свойствами грунта. При генерации объемное тело – Solid разбивается на множество тетраэдральных элементов и формируется из аналитических, связанных друг с другом, простых многогранников, таких как, четырех-, пяти-, и шестигранников [33, 34].

Поскольку тело сваи является объемным элементом – Solid, то вертикальные воздействия приложены с помощью жесткого элемента – Rigid. Данный элемент – Rigid равномерно распределяет любую узловую (сосредоточенную) нагрузку на верхнюю поверхность сваи [31, 32].

На рис. 2 представлена расчетно-деформационная модель сваи сплошного квадратного сечения длиной $L=2$ м совместно с грунтовым основанием – однородный грунт – песок. Далее определим обобщенные коэффициенты жесткости опорных узлов сваи при разных видах песчаных и глинистых грунтов.

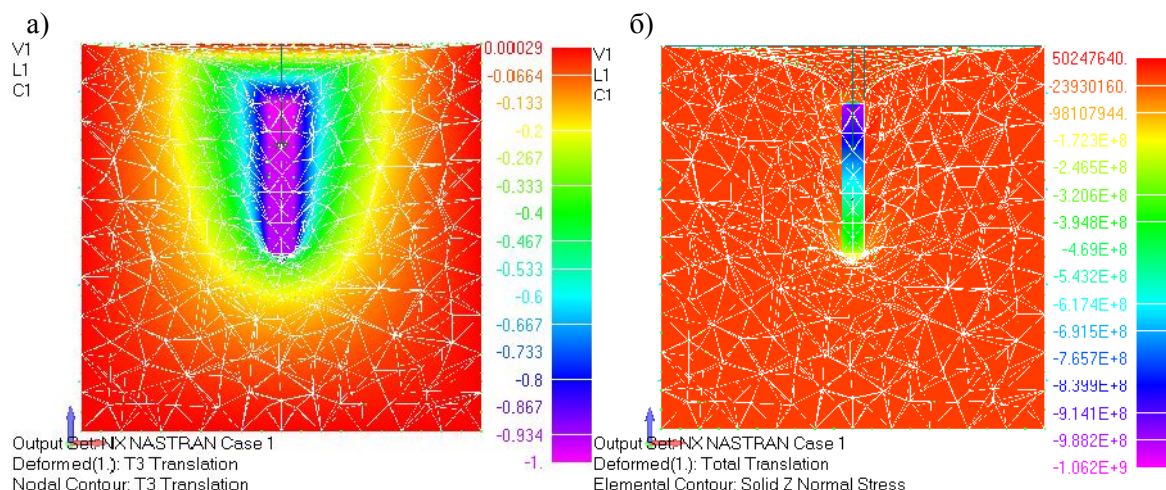


Рис. 2. Расчетно-деформационно-пространственная модель сваи с грунтовым массивом

а) перемещение модели сваи с грунтовым с основанием (м);

б) нормальное напряжение σ (Н/м²) сваи с грунтовым массивом по оси z

С учетом указанных исходных данных была получена следующая матрица обобщенных коэффициентов жесткости опорных узлов сваи (1):

$$\|R_{\gamma\gamma}\| = \begin{bmatrix} R_{xx} & R_{xy} & R_{xz} \\ R_{yx} & R_{yy} & R_{yz} \\ R_{zx} & R_{zy} & R_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 36339552 & 0 & 0 \\ & 36339552 & 0 \\ \text{симметр} & & 88794176 \end{bmatrix} (H/m)$$

Приведенные коэффициенты жесткости опорных узлов сваи, работающей в песчаных

грунтах различных типов четвертичного отложения, представлены в таблице 1 и на рисунках 3а и 3б.

Таблица 1

Результаты расчета жесткости опорных узлов сваи для песчаных грунтов

№ п/п	Наименование грунта	Характеристики грунта		Обобщенные коэффициенты жесткости опорных узлов сваи, Н/м		
		Модуль упругости	Коэф. Пуассона	R_{xx}	R_{yy}	R_{zz}
1	2	3	4	5	6	7
1.	Гравелистые и крупные, средней крупности	$E = 50$ МПа ($e = 0,45$)	$\nu = 0,30$	45 215 922	45 215 922	112 697 368
			$\nu = 0,35$	45 427 928	45 427 928	111 680 816
		$E = 40$ МПа ($e = 0,55$)	$\nu = 0,30$	37 162 348	37 162 348	90 986 912
			$\nu = 0,35$	37 327 076	37 327 076	90 152 872
		$E = 30$ МПа ($e = 0,65$)	$\nu = 0,30$	28 764 122	28 764 122	68 877 520
			$\nu = 0,35$	28 882 148	28 882 148	68 235 824
2.	Мелкие	$E = 48$ МПа ($e = 0,45$)	$\nu = 0,30$	43 628 772	43 628 772	108 386 488
			$\nu = 0,35$	43 831 256	43 831 256	107 405 672
		$E = 38$ МПа ($e = 0,55$)	$\nu = 0,30$	35 513 240	35 513 240	86 597 424
			$\nu = 0,35$	35 668 564	35 668 564	85 801 048
		$E = 28$ МПа ($e = 0,65$)	$\nu = 0,30$	27 034 050	27 034 050	64 406 456
			$\nu = 0,35$	27 142 870	27 142 870	63 804 444
		$E = 18$ МПа ($e = 0,75$)	$\nu = 0,30$	18 067 940	18 067 940	41 798 248
			$\nu = 0,35$	18 132 166	18 132 166	41 401 108
3.	Пылеватые	$E = 39$ МПа ($e = 0,45$)	$\nu = 0,30$	36 339 552	36 339 552	88 794 176
			$\nu = 0,35$	36 499 572	36 499 572	87 978 912
		$E = 28$ МПа ($e = 0,55$)	$\nu = 0,30$	27 034 050	27 034 050	64 406 456
			$\nu = 0,35$	27 142 870	27 142 870	63 804 444
		$E = 18$ МПа ($e = 0,65$)	$\nu = 0,30$	18 067 940	18 067 940	41 798 248
			$\nu = 0,35$	18 132 166	18 132 166	41 401 108
		$E = 11$ МПа ($e = 0,75$)	$\nu = 0,30$	11 402 223	11 402 223	25 715 642
			$\nu = 0,35$	11 437 752	11 437 752	25 468 474

Построение графика (см. рис. 3а) основано на сравнение двух значений коэффициентов жесткости опорных узлов сваи R_{xx} с разными коэффициентами Пуассона $\nu = 0,30$ и $\nu = 0,35$ (см. табл. 1). Анализ данного графика показал, на примере, песка (гравелистый и крупный, средней крупности при $E=50$ МПа), что значение R_{xx} при

$\nu = 0,30$ составило 45 215 922 Н/м, а при $\nu = 0,35$ - $R_{xx}=45\ 427\ 928$ Н/м, следовательно, разница значений R_{xx} составит 0,47 %, отсюда следует, что коэффициент Пуассона ν незначительно влияет на жесткость опорных узлов сваи и в дальнейшем на жесткость самой сваи.

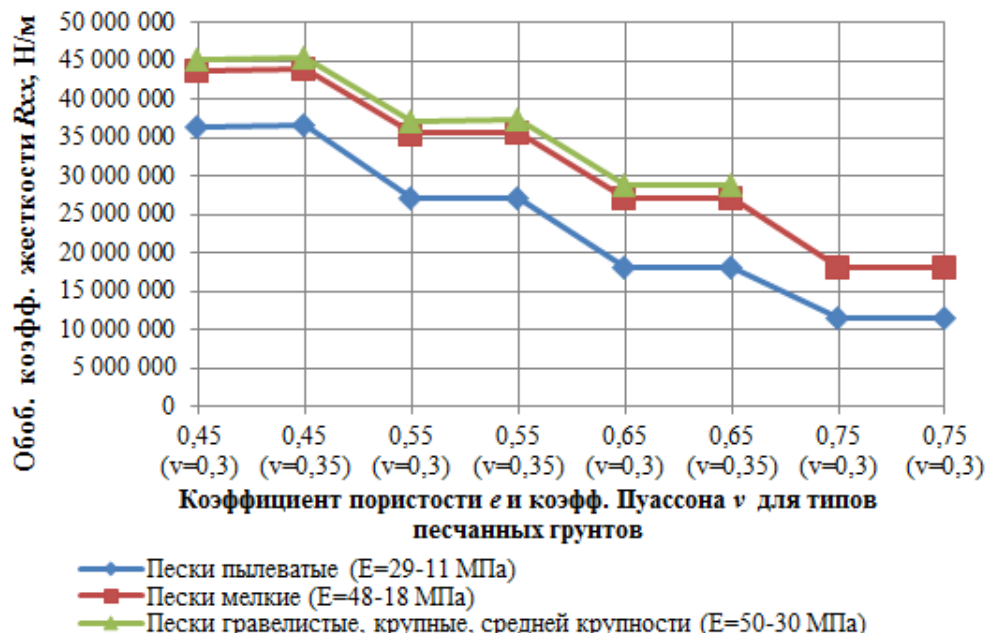


Рис. 3а. График изменения обобщенных коэффициентов жесткости опорных узлов R_{xx} сваи по оси x в зависимости от диапазона модуля деформации E для каждого типа песчаных грунтов

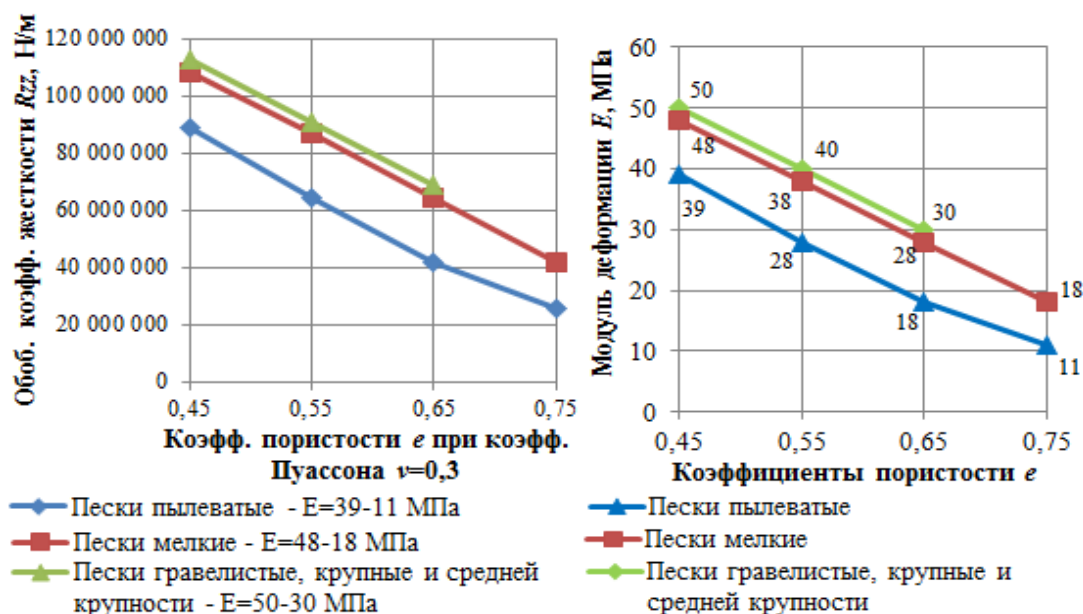


Рис. 3б. График изменения обобщенных коэффициентов жесткости опорных узлов сваи R_{zz} в зависимости от модуля деформации E для каждого типа песчаных грунтов

Рис. 3в. График зависимости модуля деформации E и коэффициента пористости e для разных типов песчаных грунтов

На рисунке 3б представлен график с коэффициентами жесткости опорных узлов сваи по оси z с коэффициентом Пуассона $\nu = 0,30$. На рисунке

3в показан график зависимости модуля деформации E и коэффициента пористости e для разных типов песчаных грунтов. Аналогичные результаты расчета приведенных жесткостей опорных

узлов сваи для различных типов глинистых грунтов четвертичных отложений по таблице Б.1 [13]

приведены в таблице 2 и на графиках (рис. 4а, 4б).

Таблица 2

Результаты расчета жесткости опорных узлов сваи для глинистых грунтов

№ п/п	Наименование грунта	Характеристики грунта		Обобщенные коэффициенты жесткости опорных узлов сваи, Н/м		
		Модуль упругости	Коэф. Пуассона	R_{xx}	R_{yy}	R_{zz}
1	2	3	4	5	6	7
1.	Суглинок (тип 1) $0 \leq I_L \leq 0,25$	$E = 34 \text{ МПа}$ ($e = 0,45$)	$\nu = 0,35$	32 307 550	32 307 550	77 050 256
			$\nu = 0,37$	32 430 324	32 430 324	77 011 232
		$E = 27 \text{ МПа}$ ($e = 0,55$)	$\nu = 0,35$	26 266 112	26 266 112	61 582 664
			$\nu = 0,37$	26 364 002	26 364 002	61 550 108
		$E = 22 \text{ МПа}$ ($e = 0,65$)	$\nu = 0,35$	21 804 862	21 804 862	50 412 228
			$\nu = 0,37$	21 884 774	21 884 774	50 384 756
		$E = 17 \text{ МПа}$ ($e = 0,75$)	$\nu = 0,35$	17 197 886	17 197 886	39 137 812
			$\nu = 0,37$	17 259 678	17 259 678	39 115 848
		$E = 14 \text{ МПа}$ ($e = 0,85$)	$\nu = 0,35$	14 352 571	14 352 571	32 322 432
			$\nu = 0,37$	14 403 436	14 403 436	32 303 974
		$E = 11 \text{ МПа}$ ($e = 0,95$)	$\nu = 0,35$	11 437 752	11 437 752	25 468 474
			$\nu = 0,37$	11 477 666	11 477 666	25 453 676
2.	Суглинок (тип 2) $0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$E = 32 \text{ МПа}$ ($e = 0,45$)	$\nu = 0,35$	30 603 362	30 603 362	72 651 048
			$\nu = 0,37$	30 719 062	30 719 062	72 613 800
		$E = 25 \text{ МПа}$ ($e = 0,55$)	$\nu = 0,35$	24 497 598	24 497 598	57 126 844
			$\nu = 0,37$	24 588 314	24 588 314	57 096 272
		$E = 19 \text{ МПа}$ ($e = 0,65$)	$\nu = 0,35$	19 059 778	19 059 778	43 660 180
			$\nu = 0,37$	19 128 832	19 128 832	43 635 964
		$E = 14 \text{ МПа}$ ($e = 0,75$)	$\nu = 0,35$	14 352 571	14 352 571	32 322 432
			$\nu = 0,37$	14 403 436	14 403 436	32 303 974
		$E = 11 \text{ МПа}$ ($e = 0,85$)	$\nu = 0,35$	11 437 752	11 437 752	25 468 474
			$\nu = 0,37$	11 477 666	11 477 666	25 453 676
		$E = 8 \text{ МПа}$ ($e = 0,95$)	$\nu = 0,35$	8 444 919	8 444 919	18 575 494
			$\nu = 0,37$	8 473 880	8 473 880	18 564 518
3.	Суглинок (тип 3) $0,5 \leq I_L \leq 0,75$	$E = 17 \text{ МПа}$ ($e = 0,65$)	$\nu = 0,35$	17 197 886	17 197 886	39 137 812
			$\nu = 0,37$	17 259 678	17 259 678	39 115 848
		$E = 12 \text{ МПа}$ ($e = 0,75$)	$\nu = 0,35$	12 417 577	12 417 577	27 757 440
			$\nu = 0,37$	12 461 144	12 461 144	27 741 406
		$E = 8 \text{ МПа}$ ($e = 0,85$)	$\nu = 0,35$	8 444 919	8 444 919	18 575 494
			$\nu = 0,37$	8 473 880	8 473 880	18 564 518
		$E = 6 \text{ МПа}$ ($e = 0,95$)	$\nu = 0,35$	6 401 469	6 401 469	13 958 274
			$\nu = 0,37$	6 423 140	6 423 140	13 949 932
		$E = 5 \text{ МПа}$ ($e = 1,05$)	$\nu = 0,35$	5 364 027	5 364 027	11 643 043
			$\nu = 0,37$	5 382 060	5 382 060	11 636 047
4.	Глина (тип 1) $0 \leq I_L \leq 0,25$	$E = 28 \text{ МПа}$ ($e = 0,55$)	$\nu = 0,30$	27 034 050	27 034 050	64 406 456
			$\nu = 0,38$	27 310 130	27 310 130	63 815 800
		$E = 24 \text{ МПа}$ ($e = 0,65$)	$\nu = 0,30$	23 514 870	23 514 870	55 414 120
			$\nu = 0,38$	23 748 422	23 748 422	54 901 668
		$E = 21 \text{ МПа}$ ($e = 0,75$)	$\nu = 0,30$	20 818 630	20 818 630	48 625 460
			$\nu = 0,38$	21 022 158	21 022 158	48 172 956
		$E = 18 \text{ МПа}$ ($e = 0,85$)	$\nu = 0,30$	18 067 940	18 067 940	41 798 248
			$\nu = 0,38$	18 240 632	18 240 632	41 406 828
		$E = 15 \text{ МПа}$ ($e = 0,95$)	$\nu = 0,30$	15 256 782	15 256 782	34 932 032
			$\nu = 0,38$	15 398 922	15 398 922	34 602 852
		$E = 12 \text{ МПа}$ ($e = 1,05$)	$\nu = 0,30$	12 378 145	12 378 145	28 026 374
			$\nu = 0,38$	12 490 148	12 490 148	27 760 602
5.	Глина (тип 2) $0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$E = 21 \text{ МПа}$ ($e = 0,65$)	$\nu = 0,38$	21 022 158	21 022 158	48 172 956
			$\nu = 0,41$	21 229 434	21 229 434	48 536 976
		$E = 18 \text{ МПа}$ ($e = 0,75$)	$\nu = 0,38$	18 240 632	18 240 632	41 406 828
			$\nu = 0,41$	18 420 030	18 420 030	41 720 060
		$E = 15 \text{ МПа}$ ($e = 0,85$)	$\nu = 0,38$	15 398 922	15 398 922	34 602 852
			$\nu = 0,41$	15 549 970	15 549 970	34 864 908
		$E = 12 \text{ МПа}$ ($e = 0,95$)	$\nu = 0,38$	12 490 148	12 490 148	27 760 602
			$\nu = 0,41$	12 612 315	12 612 315	27 971 076
		$E = 9 \text{ МПа}$ ($e = 1,05$)	$\nu = 0,38$	9 506 265	9 506 265	20 879 642
			$\nu = 0,41$	9 598 962	9 598 962	21 038 124

1	2	3	4	5	6	7
6.	Глина (тип 3) $0,5 \leq I_L \leq 0,75$	$E = 15 \text{ МПа}$	$\nu = 0,41$	15 549 970	15 549 970	34 864 908
		$(e = 0,75)$	$\nu = 0,48$	15 897 747	15 897 747	36 047 804
		$E = 12 \text{ МПа}$	$\nu = 0,41$	12 612 315	12 612 315	27 971 076
		$(e = 0,85)$	$\nu = 0,48$	12 895 249	12 895 249	28 922 312
		$E = 9 \text{ МПа}$	$\nu = 0,41$	9 598 962	9 598 962	21 038 124
		$(e = 0,95)$	$\nu = 0,48$	9 815 066	9 815 066	21 755 280
7.	Супесь $0 < I_L \leq 0,75$	$E = 7 \text{ МПа}$	$\nu = 0,41$	7 543 362	7 543 362	16 394 202
		$(e = 1,05)$	$\nu = 0,48$	7 713 648	7 713 648	16 953 936
		$E = 32 \text{ МПа}$	$\nu = 0,30$	30 476 074	30 476 074	73 332 032
		$(e = 0,45)$	$\nu = 0,35$	30 603 362	30 603 362	72 651 048
		$E = 24 \text{ МПа}$	$\nu = 0,30$	23 514 870	23 514 870	55 414 120
		$(e = 0,55)$	$\nu = 0,35$	23 605 520	23 605 520	54 892 768
		$E = 16 \text{ МПа}$	$\nu = 0,30$	16 200 964	16 200 964	37 225 132
		$(e = 0,65)$	$\nu = 0,35$	16 256 700	16 256 700	36 870 280
		$E = 10 \text{ МПа}$	$\nu = 0,30$	10 417 565	10 417 565	23 400 462
		$(e = 0,75)$	$\nu = 0,35$	10 449 270	10 449 270	23 175 172
		$E = 7 \text{ МПа}$	$\nu = 0,30$	7 407 482	7 407 482	16 428 036
		$(e = 0,85)$	$\nu = 0,35$	7 428 286	7 428 286	16 269 085

На рисунках 4а и 4б показаны графики изменений обобщенных коэффициентов жесткости опорных узлов сваи по осям x и z для разных типов глинистых грунтов четвертичного отложения: глины, суглинки и супесь согласно результатам расчета сваи длиной 2,0 (м). На рисунке 4а, в связи с загроможденностью величин нижней горизонтальной оси графика, не указаны коэффициенты Пуассона ν под коэффициентами пористости e для каждого типа глинистого грунта. По-

скольку коэффициенты Пуассона ν имеют разный диапазон значений для каждого типа глинистого грунта, например, для суглинка типов 1-3 коэффициент Пуассона ν составит 0,35–0,37, для глины (тип 1) – $\nu = 0,30$ –0,38, для глины (тип 2) – $\nu = 0,38$ –0,41, для глины (тип 3) – $\nu = 0,41$ –0,48, для супеси – $\nu = 0,30$ –0,35. На рисунке 4б показан график зависимости модуля деформации E и коэффициента пористости e для разных типов глинистых грунтов.

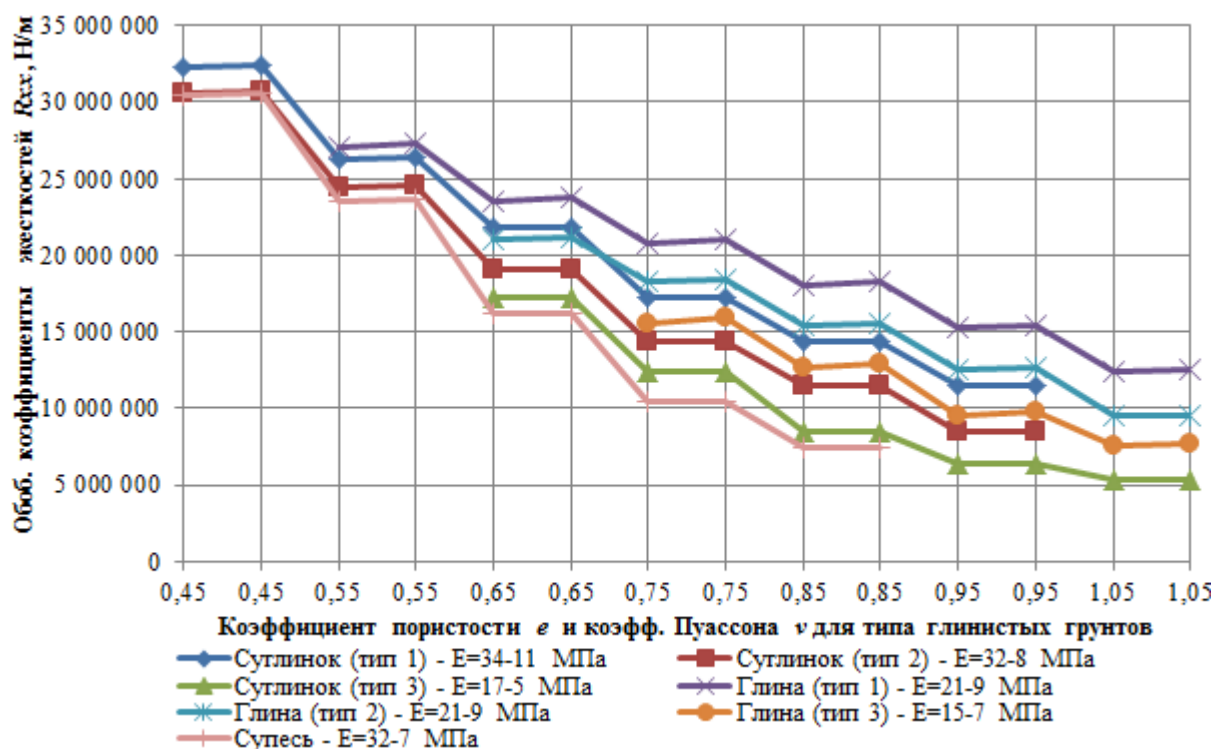


Рис. 4а. График изменения обобщенных коэффициентов жесткости опорных узлов сваи R_{xx} по оси x в зависимости от диапазона модуля деформации E для каждого вида глинистых грунтов

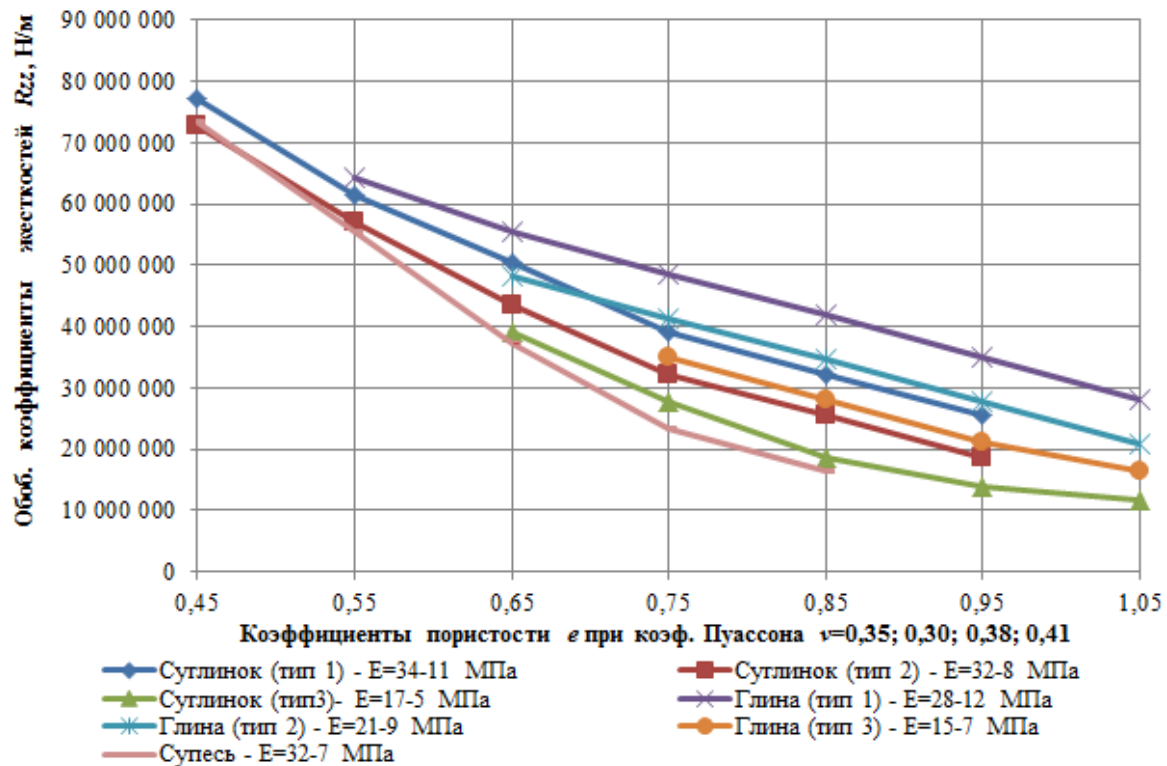


Рис. 4б. График изменения обобщенных коэффициентов жесткости опорных узлов сваи R_{zz} по оси z в зависимости от диапазона модуля деформации E для каждого вида глинистых грунтов

На рисунке 4б показаны графики коэффициентов жесткости опорных узлов сваи R_{zz} по

оси z с учетом наименьших величин коэффициентов Пуассона ν для разных типов глинистых грунтов (см. таблицу 2).

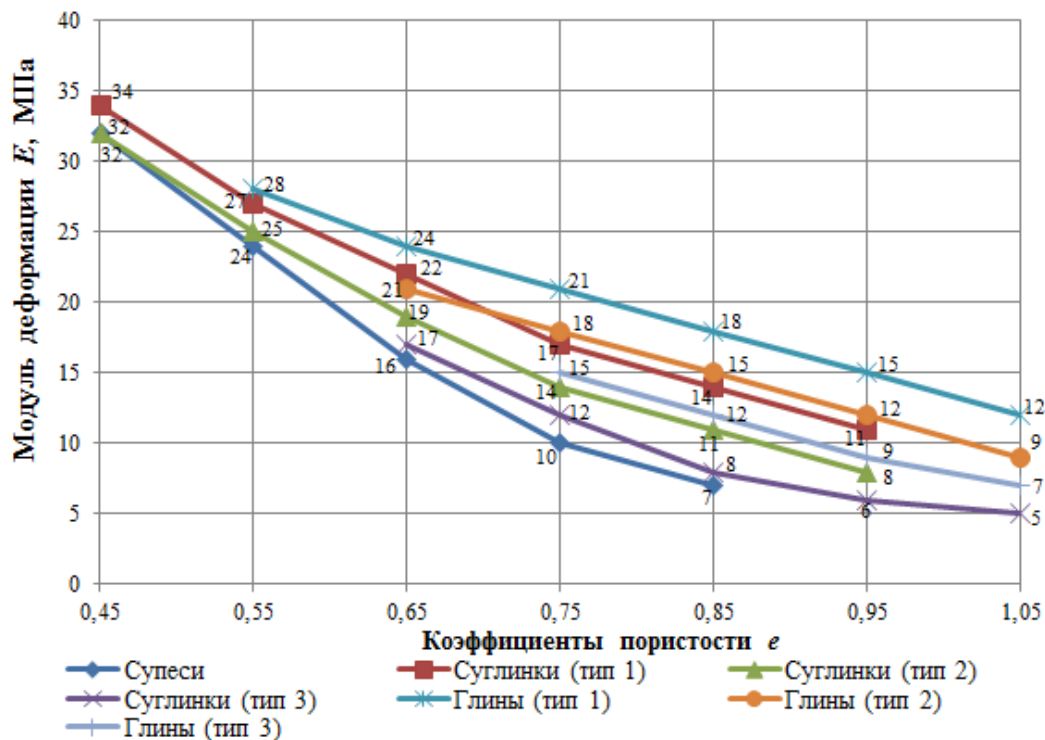


Рис. 4в. Графики зависимости модуля деформации E и коэффициента пористости e для разных типов глинистых грунта

Судя по графикам рис. 4а, 4б и 4в, обобщенные коэффициенты жесткости опорных узлов сваи R_{xx} , R_{yy} , R_{zz} , существенно зависят от модуля

деформации грунта E , т. е. с уменьшением коэффициента пористости e увеличивается значения

E (см. табл. 2), а, следовательно, и величина коэффициента жесткости опорных узлов сваи повышается R_{xx} , R_{yy} , R_{zz} .

Заключение. Таким образом, результаты расчета выявили существенную зависимость приведенной жесткости железобетонной сваи квадратного поперечного сечения длиной $L=2$ м от типа грунта. Изменение коэффициента пористости e песчаного однородного грунта в пределах от 0,45 до 0,75,

т.е. в большую сторону, приводит к уменьшению приведенных жесткостей сваи из-за уменьшения модуля деформации E согласно нормативным данным [13], разница составит:

- для песков пылеватых при диапазоне модуля деформации $E = 39\text{--}11$ МПа на 71 %;
- для песков мелких при диапазоне модуля деформации $E = 48\text{--}18$ МПа на 61 %;
- для песков гравелистых, крупных, средней крупности при диапазоне модуля деформации $E = 50\text{--}30$ МПа на 39 %.

Следовательно, переход однородных глинистых грунтов с коэффициентом пористости e от 0,45 до 1,05 приводит к уменьшению приведенной жесткости сваи, таким образом, разница составит:

- для суглинка (тип 1) $0 \leq I_L \leq 0,25$ при диапазоне модуля деформации $E=34\text{--}11$ МПа на 67 %;
- для суглинка (тип 2) $0,25 \leq I_L \leq 0,5$ при диапазоне модуля деформации $E=32\text{--}8$ МПа на 74 %;
- для суглинка (тип 3) $0,5 \leq I_L \leq 0,75$ при диапазоне модуля деформации $E=17\text{--}5$ МПа на 70 %;
- для глины (тип 1) $0 \leq I_L \leq 0,25$ при диапазоне модуля деформации $E=28\text{--}12$ МПа на 57 %;
- для глины (тип 2) $0,25 \leq I_L \leq 0,5$ при диапазоне модуля деформации $E=21\text{--}9$ МПа на 57 %;
- для глины (тип 3) $0,5 \leq I_L \leq 0,75$ при диапазоне модуля деформации $E=15\text{--}7$ МПа на 56 %;
- для супеси $0 < I_L \leq 0,75$ при диапазоне модуля деформации $E=32\text{--}7$ МПа на 77 %.

Анализ графиков, полученных для разных типов песчаных и глинистых грунтов (см. рис. 3–4), показывает, что жесткость сваи, находящейся в грунте зависит от модуля деформации грунта E и коэффициента Пуассона ν . Причем доминирующее влияние на осадку сваи оказывает модуль деформации.

Однако при исследовании НДС здания необходимо использовать жесткость сваи, которую

можно определить при создании реального массива грунта, который соответствует площадке строительства, тем самым, учитывая изменения слоев грунта по геологическому разрезу с учетом физико-механических характеристик грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кужахметова Э.Р., Сапожников А.И. Архитектурная выразительность и физиологическая целесообразность зданий с криволинейными поверхностями // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. Москва: ООО "Композит XXI век". 2012. №11 (166). С. 42–45.
2. Santoso K. Wide-Span Cable Structures. University of California. Berkeley, 2004. 70 p.
3. Кирсанов Н.М. Вантовые конструкции. Под общей редакцией д-ра техн. наук проф. Н.С. Стрелецкого. М.: Стройиздат, 1968. 25 с.
4. Кривошапко С.Н. Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 7 (34). С. 51–70.
5. Säbetghadam Z. Improving Spoke Wheel Roofs with the Geometry of Rasmi-Bandis // Nexus Network Journal. 2019. №. 4. Pp. 1–12.
6. Сапожников А.И. Жизнь зданий в земной стихии. Германия: LAP LAMBER Academic Publishing, 2014. 60 с.
7. Кужахметова Э.Р. Конструирование и расчет цилиндрично-плитно-вантового покрытия // Международная научная конференция научно-педагогических работников АГТУ (59 НПР). г. Астрахань. 2015.
8. Кужахметова Э.Р. Особенности напряженно-деформированного состояния здания с цилиндрично-плитно-вантовым покрытием // В сборнике: Актуальные вопросы современной науки Сборник статей по материалам XII международной научно-практической конференции. В 3-х частях. г. Томск. 2018. С. 93–98.
9. Кужахметова Э.Р. Конструктивные решения расположения вант в цилиндрично-плитно-вантовом (ЦПВ) покрытии здания (сооружения) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №5. С. 77–89. DOI: 10.34031/article_5ce292ca24bc23.91006970.
10. Трофименко Ю.Г., Ободовский А.А. Свайные фундаменты для жилых и промышленных зданий. 2-е изд., допол. и перераб. М.: Издательство литературы по строительству. 1970. 241 с.
11. Трущев А.Г. Пространственные металлические конструкции: Учеб. пособие для вузов. М: Стройиздат, 1982. 215 с.
12. Пат., Российская Федерация, МПК G01N19/00. Металлическая опора для крепления неразрезного ванта в висячих покрытиях зданий

(сооружений) / Э. Р. Кужахметова, В. И. Сутырин; заявитель и патентообладатель ФГАНУ ВО «БФУ им. И. Канта». № 2019118186; заявл. 10.06.2019.

13. СП 22.13330.2011. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., 2010.

14. Qing Mac, Makoto Ohsakid, Zhihua Chena, Xiangyu Yanc. Step-by-step unbalanced force iteration method for cable-strut structure with irregular shape // Engineering Structures. 2018. №. 177. Pp. 331–334.

15. Кужахметова Э.Р. Методы расчета вант и вантовых конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №2. С. 39–48. DOI: 10.12737/article_5c73fc07ba7858.43737360

16. Salehi Ahmad Abad M., Shoostari A., Esmaeili, V. Naghavi Riabi A. Nonlinear analysis of cable structures under general loadings // Finite Elements in Analysis and Design. 2013. №. 73. Pp. 11–19.

17. Huu-Tai Thai Seung – Eock Kim. Nonlinear static and dynamic analysis of cable structures // Nonlinear static and dynamic analysis of cable structures. 2011. Vol. 47. Iss. 3. Pp. 237–246.

18. Кужахметова Э.Р. Расчет вант с учетом геометрической и физической нелинейности // Научный журнал «Известия КГТУ». 2019. №54 (в печати)

19. Сапожников А. И. Методы контурных и расчетных точек в нелинейных расчетах свайных эстакад, нагруженных горизонтальными нагрузками // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1984. №5. С. 29–30.

20. Сапожников А. И., Сутырин В. И., Шаишмелашвили Н. А. Методы контурных и расчетных точек - в практику расчета тонкостенных и стержневых структур // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1986. №11. С. 15-19.

21. Сапожников А.И., Сутырин В. И. Вариантное проектирование подземных коробчатых и кольцевых конструкций // Известия ЖКА. Городское хозяйство и экология. 1999. №3. С. 47–50.

22. Сутырин В.И. Возможности повышения эффективности метода конечных элементов при проектировании конструкций // Судостроение. 2003. №6. С. 9–13.

23. Сутырин В.И. Совершенствование программных средств САЕ- класса- приоритетная задача строительной механики // Сб. научных трудов БФУ им. И.Канта «Транспорт и сервис» Вып.1, 2013. С.133–148.

24. Сутырин В.И. Логистические аспекты автоматизированного инженерного анализа конструкций в системе TOP // Судостроение. 2015. №5. С. 51–57.

25. Кужахметова Э.Р., Сапожников А.И. Сравнительный анализ работы длинных и коротких свай при горизонтальном нагружении // Строительные материалы, технологии, оборудования XXI века-Москва: ООО "Композит XXI век". 2015. №5-6. С. 12–16.

26. Сапожников А.И. Упругопластический расчет свай на продольно-попечный изгиб современными методами строительной механики // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. 1983. №1. С. 49–3.

27. Сапожников А.И., Солгалов Ю.В. Расчет свай на горизонтальную нагрузку в нелинейно-деформируемом основании // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1980. №4. С. 9–11.

28. Миронов В.С. Взаимодействие свай с грунтовым основанием в процессе увеличения нагрузки // Известия Вузов. Строительство. 1999. №7. С. 16–20.

29. ГОСТ 19.804.1 Сваи забивные железобетонные цельные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой и поперечным армированием ствола и с напрягаемой арматурой. - М.: Издательство стандартов. 1980.

30. СП 63.13330.2011. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 с изменениями №1. М., 2015

31. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. М.: ДМК Пресс, 2013. 784 с.

32. Шимкович Д. Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. М.: ДМК Пресс, 2003. 448 с.

33. Городецкий А.С., Заворицкий В.И., Лантух-Лященко А.И., Рассказов А.О. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений. М.: Транспорт, 1981. 143 с.

34. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М.: Изд-во «Мир», 1975. 340 с.

Информация об авторах

Кужахметова Эльвира Рафаэлевна, аспирант кафедры машиноведения и технических систем. E-mail: elja_09@bk.ru. Балтийский федеральный университет им. И. Канта. Россия, 236041, Калининград, ул. А. Невского, д. 14.

Поступила в октябре 2019 г.

© Кужахметова Э.Р., 2019

Kuzhakhmetova E.R.

Baltic Federal University named after Immanuel Kant

Russia, 236041, Kaliningrad, st. A. Nevskogo, 14.

E-mail: elja_09@bk.ru

NUMERICAL DESIGN OF FRAME BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT THE GENERALIZED STIFFNESS AND LOAD OF SOIL AND FOUNDATION

Abstract. *The article is devoted to the improvement of methods for calculating buildings as large finite element systems and implements approaches that provide a definition of the overall picture of the stress - strain state of a designed building (structure) in parts, including its structural units and a pile foundation.*

The article contains a description of the methodology, the essence of which is to bring the stiffness of the pile foundation in the form of single piles (for example, under the columns of a frame of a public, residential or industrial building) and the adjacent soil mass, to the supporting points of interaction of the piles with the building. Generalized stiffness coefficients of the pile, obtained taking into account the soil with different deformation characteristics, are entered into the general matrix of the building for the subsequent determination of its stress - strain state and stability. At the final stage of moving the reference points of the building, it is possible to calculate the characteristics of the stress - strain state of the pile in the ground.

In this article (part I), the generalized stiffness coefficients of the pile are obtained taking into account the types of soil (sand and clay) with physical and mechanical characteristics selected from regulatory documents. The calculations are performed using the FEMAP with NX NASTRAN software package. The material on the structuring of the building model is supposed to be published in the subsequent parts of this article.

Keywords: *pile, pile foundation, stiffness of pile foundation, finite element method, structuring of the design scheme, calculation for strength, calculation for stability.*

REFERENCES

1. Kuzhakhmetova E.R., Sapozhnikov A.I. Architectural expressiveness and physiological expediency of buildings with curved surfaces [Arkhitekturnaya vyrazitel'nost' i fiziologicheskaya tselesoobraznost' zdaniy s krivolineynymi poverkhnostyami]. Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka. Moscow: OOO "Kompozit XXI vek". 2012. No. 11 (166). Pp. 42–45. (rus)
2. Santoso K. Wide-Span Cable Structures. University of California. Berkeley, 2004. 70 p.
3. Kirsanov N.M. Cable-stayed structures. [Vantovyye konstruksii]. Edited by Dr. Tech. sciences prof. N.S. Streletsky. Moscow: Stroyizdat, 1968. 25 p. (rus)
4. Krivoshapko S.N. Hanging cable structures and structures coverings [Visyachiye trosovyye konstruksii i pokrytiya sooruzheniy]. Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2015. No. 7 (34). Pp. 51–70. (rus)
5. Säbetghadam Z. Improving Spoke Wheel Roofs with the Geometry of Rasmi-Bandis. Nexus Network Journal. 2019. No. 4. Pp. 1–12.
6. Sapozhnikov A.I. The life of buildings in the earth element. [Zhizn' zdaniy v zemnoy stikhii]. Germany: LAP LAMBER Academic Publishing, 2014. 60p. (rus)
7. Kuzhakhmetova E.R. Design and calculation of a cylinder-plate-cable-stayed coating [Konstruirovaniye i raschet tsilindro-plitno-vantovogo pokrytiya]. Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya nauchno-pedagogicheskikh rabotnikov AGTU (59 NPR). Astrakhan city. 2015. (rus)
8. Kuzhakhmetova E.R. Features of the stress-strain state of a building with a cylinder-plate-cable-stayed coating [Osobennosti napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya zdaniya s tsilindro - plitno - vantovym pokrytiyem]. V sbornike: Aktual'nyye voprosy sovremennoy nauki Sbornik statey po materialam XII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3-kh chastyakh. g. Tomsk. 2018. Pp. 93–98. (rus)
9. Kuzhakhmetova E.R. Constructive solutions of guys location in cylindrical-slab-guy covering of building (construction). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 5. Pp. 77–89. DOI: 10.34031/article_5ce292ca24bc23.91006970 (rus)
10. Trofimenko Yu.G., Obodovsky A.A. Pile foundations for residential and industrial buildings. [Svaynyye fundamenty dlya zhilykh i promyshlennykh zdaniy]. 2-ye izd., dopol. i pererab. Moscow: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1970. 241 p. (rus)
11. Trushchev A.G. Spatial metal structures: Textbook. manual for universities. [Prostranstvennyye metallicheskiye konstruksii: Ucheb. posobiye dlya vuzov]. Moscow: Stroyizdat, 1982. 215 p. (rus)
12. Kuzhakhmetova E.R., Sutyurin V.I. Metal support for fastening a continuous guy in hanging coatings of buildings (structures) [Metallicheskaya opora dlya krepleniya nerazreznogo vanta v visyachikh pokrytyakh zdaniy (sooruzheniy)]. Patent RF, no. 2019118186, 2019. (rus)
13. SP 22.13330.2011. Foundations of buildings and structures. Updated edition of SNiP 2.02.01-83*.

[Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83*].

14. Qing Mac, Makoto Ohsakid, Zhihua Chena, Xiangyu Yanc. Step-by-step unbalanced force iteration method for cable-strut structure with irregular shape. *Engineering Structures*. 2018. No. 177. Pp. 331–334.

15. Kuzhakhmetova E.R. Methods of calculating cables and cable structures. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2019. No. 2. Pp. 39–48. DOI: 10.12737/article_5c73fc07ba7858.43737360 (rus)

16. Salehi Ahmad Abad M., Shooshtari A., Esmaeili, V. Naghavi Riabi A. Nonlinear analysis of cable structures under general loadings. *Finite Elements in Analysis and Design*. 2013. No. 73. Pp. 11–19.

17. Huu-Tai Thai Seung – Eock Kim. Nonlinear static and dynamic analysis of cable structures. *Nonlinear static and dynamic analysis of cable structures*. 2011. Vol. 47. Iss. 3. Pp. 237–246.

18. Kuzhakhmetova E.R. Calculation of cables with regard to geometric and physical nonlinearity [Raschet vant s uchetom geometricheskoy i fizicheskoy nelineynosti]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2019. No. 54 (in the press) (rus)

19. Sapozhnikov A. I. Methods of contour and design points in nonlinear calculations of pile racks loaded with horizontal loads [Metody konturnykh i raschetnykh toчек v nelineynykh raschetakh svaynykh estakad, zagruzhennykh gorizontальnymi nagruzkami]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1984. No. 5. Pp. 29–30. (rus)

20. Sapozhnikov A.I., Sutyurin V.I., Shaishmelashvili N.A. Methods of contour and design points - into the practice of calculating thin-walled and bar structures [Metody konturnykh i raschetnykh toчек - v praktiku rascheta tonkostennykh i sterzhnevnykh struktur]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1986. No. 11. Pp. 15–19. (rus)

21. Sapozhnikov A.I., Sutyurin V.I. Variant design of underground box-shaped and ring structures [Variantnoye proyektirovaniye podzemnykh korobchatykh i kol'tsevykh konstruksiy]. *Izvestiya ZHKA. Gorodskoye khozyaystvo i ekologiya*. 1999. No. 3. Pp. 47–50. (rus)

22. Sutyurin V.I. Opportunities for increasing the efficiency of the finite element method in the design of structures [Vozmozhnosti povysheniya effektivnosti metoda konechnykh elementov pri proyektirovanii konstruksiy]. *Sudostroyeniye*. 2003. No. 6. Pp. 9–13. (rus)

23. Sutyurin V.I. Improving the software of the CAE-class is a priority task of building mechanics [Sovershenstvovaniye programmnykh sredstv CAE-klassa-prioritetnaya zadacha stroitel'noy mekhaniki].

Sb. nauchnykh trudov BFU im. I.Kanta «Transport i servis» Vyp.1, 2013. Pp. 133–148. (rus)

24. Sutyurin V.I. Logistic aspects of automated engineering analysis of structures in the TOP system [Logisticheskiye aspekty avtomatizirovannogo inzhenernogo analiza konstruksiy v sisteme TOR]. *Sudostroyeniye*. 2015. No. 5. Pp. 51–57. (rus)

25. Kuzhakhmetova E.R., Sapozhnikov A.I. A comparative analysis of the operation of long and short piles with horizontal loading [Sravnitel'nyy analiz raboty dlinnykh i korotkikh svay pri gorizontальnom zagruzhении]. *Stroitel'nyye materialy, tekhnologii, oborudovaniya XXI veka*. Moscow: OOO "Kompozit XXI vek. 2015. No. 5–6. Pp. 12–16. (rus)

26. Sapozhnikov A.I. Elastic-plastic calculation of piles for longitudinal-bending by modern methods of building mechanics [Uprugoplasticheskiy raschet svay na prodol'no-popechnyy izgib sovremennymi metodami stroitel'noy mekhaniki]. *Izv. Vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 1983. No. 1. Pp. 49–53. (rus)

27. Sapozhnikov A.I., Solgalov Yu.V. Calculation of piles for horizontal load in a nonlinearly deformable foundation [Raschet svay na gorizontальnuyu nagruzk v nelineyno-deformiruyemom osnovanii]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 1980. No. 4. Pp. 9–11. (rus)

28. Mironov V. S. The interaction of piles with a soil base in the process of increasing load [Vzaimodeystviye svay s gruntovym osnovaniyem v protsesse uvelicheniya nagruзки]. *Izvestiya Vuzov. Stroitel'stvo*. 1999. No. 7. Pp. 16–20. (rus)

29. GOST 19.804.1 Piles driven reinforced concrete solid square cross-section with non-tensile reinforcement and transverse reinforcement of the trunk and with tensile reinforcement. [Svai zabivnyye zhelezobetonnyye tsel'nyye sploshnogo kvadratnogo secheniya nenapryagayemoy armaturoy i poperechnym armirovaniyem stvola i s napryagayemoy armaturoy]. Moscow: Publishing house of standards. 1980.

30. SP 63.13330.2011. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. Updated edition of SNiP 52-01-2003 with amendments No. 1. [Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 52-01-2003 s izmeneniyami No.1].

31. Rychkov S. P. Structural modeling in Femap with NX Nastran. [Modelirovaniye konstruksiy v srede Femap with NX Nastran]. Moscow: DMK Press, 2013. 784 p. (rus)

32. Shimkovich D.G., Structural Analysis in MSC/NASTRAN for Windows. [Raschet konstruksiy v MSC/NASTRAN for Windows]. Moscow: DMK Press, 2003. 448 p. (Series "Design") (rus)

33. Gorodetsky A. S., Zavoritsky V. I., Lantukh-Lyashchenko A.I., Rasskazov A.O. The finite element method in the design of transport facilities. [Metod konechnykh elementov v proyektirovanii

transportnykh sooruzheniy]. Moskow: Transport, 1981. 143 p. (rus)

34. Zienkiewicz O.C. The finite element method in engineering science. Moskow: Publishing house "Mir", 1975. 340 p.

Information about the authors

Kuzhakhmetova, Elvira R. Postgraduate student. E-mail: elja_09@bk.ru. Immanuel Kant Baltic Federal University. Russia, 236041, Kaliningrad, st. A. Nevskogo, 14.

Received in October 2019

Для цитирования:

Кузахметова Э.Р. Расчетное проектирование каркасного здания с учетом обобщенных жесткостей и нагрузок основания и фундамента (Часть 1) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 34–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-34-46

For citation:

Kuzhakhmetova E.R. Numerical design of frame buildings taking into account the generalized stiffness and load of soil and foundation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 34–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-34-46

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-47-55

***Павлов М.В., Карпов Д.Ф.**

Вологодский государственный университет

Россия, 160000, Вологда, ул. Ленина, д. 15

*E-mail: pavlov_kafitgv@mail.ru

СПОСОБ РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ КУЛЬТИВАЦИОННОГО СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗИМНЕЙ ТЕПЛИЦЫ

Аннотация. Современные системы искусственного обогрева культивационных сооружений на примере зимних теплиц, предназначенных для круглогодичного использования, требуют разработки достаточно точных и надежных методов расчета. Децентрализованная система теплоснабжения сельскохозяйственных сооружений, включающая в себя исключительно потолочные инфракрасные излучатели, как показали проведенные расчеты, себя оправдывает только в умеренно холодный период года. При более низких температурах наружного воздуха, характерных в основном для января, ввиду специфики лучистого отопления, температура внутри помещения может опускаться ниже нормативных значений. Поэтому в статье рассмотрен способ определения тепловой мощности лучисто-конвективной системы отопления, включающей в себя инфракрасные излучатели для обогрева почвы и конвективные отопительные приборы, необходимые для поддержания заданной температуры воздуха в помещении. Методика расчета лучисто-конвективной (комбинированной) системы отопления сводится к определению тепловых и массовых потоков, поступающих и уходящих из теплицы в окружающую среду, а также к нахождению неизвестных параметров микроклимата (в первую очередь, температуры внутреннего воздуха), формирующих заданный тепловлажностный режим агробиотехнологического сооружения. На примере промышленной теплицы «Фермер 7.5» выполнена апробация предложенного способа расчета.

Ключевые слова: лучисто-конвективное отопление, комбинированное отопление, инфракрасный излучатель, тепловая мощность, отопительный прибор, почва, теплица.

Введение. Формирование условий для социально-экономической стабильности в обществе предполагает необходимость формирования достаточных объемов и рациональной структуры продовольственных ресурсов. Важная роль в решении этой задачи принадлежит круглогодичному обеспечению населения высококачественной и разнообразной овощной продукцией [1–3].

В настоящее время в сельском хозяйстве активно ведется строительство новых и эксплуатация существующих теплиц в модульном (индивидуальном) и блочном исполнениях [4]. Решением проблемы выращивания рассады и овощей в защищенном грунте является проектирование не только оптимальной конструкции зимней теплицы, но и системы отопления, которая бы обеспечивала комфортные условия для растений при резких колебаниях температуры наружного воздуха в ночное и дневное время холодного периода года [5].

Современные тенденции тепличного строительства направлены на децентрализацию теплоснабжения зимних теплиц, т. е. на обогрев помещений без каких-либо промежуточных теплоносителей. Данное техническое решение позволяет увеличить коэффициент использования топлива примерно в 1,5–2,0 раза в сравнении с традици-

онными системами отопления [6]. При этом использование солнечной энергии (гелиотеплицы) [7, 8], тепловых насосов [9, 10] и геотермальных источников энергии [11] для обогрева зимних теплиц по ряду причин, к которым можно отнести, в первую очередь, зависимость производства теплоты от географических и климатических условий местности, является во многих случаях нецелесообразным вариантом.

Высокая стоимость энергоресурсов, которая порой приводит к нерентабельности всего тепличного производства, заставляет руководителей предприятий переходить на энергоэффективные технологии обогрева, например, с использованием в качестве источников теплоты длинноволновых инфракрасных излучателей, работающих в основном на газообразном топливе [12]. Это позволяет одновременно создать условия «солнечного» отопления в теплице при минимальных энергозатратах и использовать продукты сгорания газообразного топлива (CO_2) для питания растений. Однако, как показали проведенные исследования, применение исключительно инфракрасного обогрева почвы не позволяет, особенно в зимний период года, поддерживать в теплице оптимальную (или допустимую) температуру внутреннего воздуха, согласно данным табл. 1 [13].

Таблица 1

Температурно-влажностный режим теплицы (до плодоношения)

Культура	Температура воздуха, °С			Температура грунта, °С	Относительная влажность воздуха, %
	день		ночь		
	солнечно	пасмурно			
Огурец (зимне-весенний оборот)	22÷24	20÷22	17÷18	20÷24	70÷75
Огурец (осенний оборот)	25÷26	22÷23	19÷20	22÷24	70÷75
Томат (зимне-весенний оборот)	22÷24	19÷20	16÷17	18÷20	60÷65
Томат (осенний оборот)	24÷26	18÷20	16÷18	18÷19	60÷70
Салат кочанный	20÷23	16÷18	10	15÷16	70÷80
Редис	20÷22	7÷9	5÷6	15÷16	60÷70
Укроп, шпинат	17÷18	8÷12	5÷6	15÷16	65÷80

Поэтому имеет смысл рассмотреть вариант комбинированного отопления зимней теплицы, когда тепловой режим почвы формируется за счет потолочных инфракрасных излучателей, а подогрев внутреннего воздуха до требуемых значений (табл. 1) осуществляется с помощью автономных конвективных обогревателей (например, электрокалориферных установок). Здесь стоит оговориться, что режим их работы неравномерный в течение отопительного сезона (зависит от температуры наружного воздуха) и возможно полное отключение конвективных обогревателей в осенний и весенний периоды года, когда система лучистого отопления справляется самостоятельно.

Если коснуться существующих методик расчета лучистого отопления зимних теплиц, то они не лишены недостатков. Так, например, в работе [12] совершенно не рассматриваются процессы массопереноса, происходящие в теплице с инфракрасными излучателями, которые напрямую влияют на тепловлажностный режим культивационного сооружения. Кроме того, не учтена специфика самого инфракрасного излучения, связанная, например, с многократностью отражений лучистого потока теплоты от поверхностей теплообмена. Также не стоит забывать, что поддержание требуемых температурных условий почвы при инфракрасном обогреве вовсе не дает гарантий соблюдения климатических условий в самом помещении в соответствии с табл. 1, так как температура внутреннего воздуха является зависимой величиной. То же самое относится и к методике расчета, представленной в научной статье [3], где акцентировано внимание не на самом отоплении зимней теплицы, а на теплообмене излучением между источником теплоты и окружающими объектами (в первую очередь, полом). В публикации [14] уделено внимание только температуре воздуха в помещении при работе инфракрасных излучателей. Таким образом, остается актуальной проблема разработки метода расчета

децентрализованной лучисто-конвективной системы отопления, обеспечивающей требуемые параметры микроклимата (табл. 1) в течение всего календарного года.

Алгоритм расчета лучисто-конвективного (комбинированного) отопления зимней теплицы. Одним из вариантов решения обозначенной проблемы, в первую очередь, для эксплуатируемых зимних теплиц, является установка потолочных инфракрасных излучателей при существующей водяной системе отопления (для новых теплиц, очевидно, имеет смысл применение автономных конвективных обогревателей), что позволит уменьшить тепловую нагрузку традиционной системы теплообеспечения. Сущность метода расчета лучисто-конвективного (комбинированного) отопления заключается в определении всех тепловых и массовых потоков, поступающих и уходящих из теплицы в окружающую среду, и нахождении неизвестных параметров микроклимата, формирующих тепловлажностный режим культивационного сооружения (табл. 1).

На рис. 1 представлена расчетная схема лучисто-конвективного отопления зимней теплицы.

Тепловлажностный режим зимней теплицы (рис. 1), согласно табл. 1, определяется температурой $t_{\text{вн.в}}, ^\circ\text{C}$, и относительной влажностью $\varphi_{\text{вн.в}}, \%$, внутреннего воздуха, а также температурой поверхности почвы 1, равной $t_{\text{пов}}, ^\circ\text{C}$. Влагосодержание поверхности почвы 1 имеет постоянное значение $W_{\text{пов}}, \text{кг/кг}$. Температура и относительная влажность наружного воздуха также известны и соответственно составляют $t_{\text{вн.в}}, ^\circ\text{C}$, и $\varphi_{\text{вн.в}}, \%$. Температура внутренней поверхности ограждения 2 теплицы $t_{\text{огр}}, ^\circ\text{C}$, неизвестна и находится через решение системы уравнений теплового баланса относительно рассматриваемой поверхности.

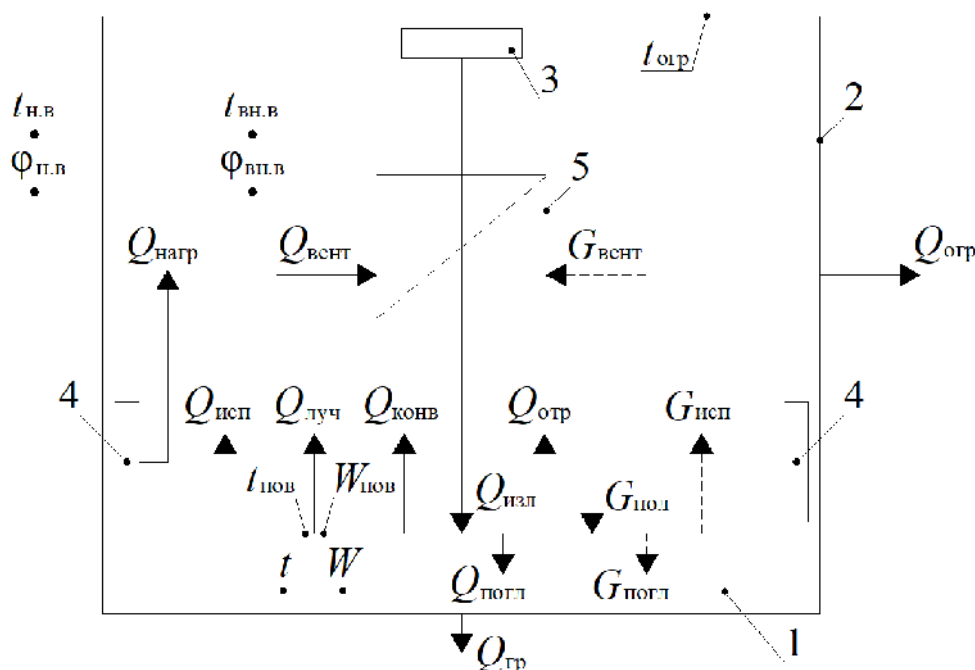


Рис. 1. Расчетная схема лучисто-конвективного отопления теплицы:

1 – почва; 2 – ограждение; 3 – источник инфракрасного излучения (излучатель); 4 – автономные конвективные обогреватели; 5 – вентиляционный проем (приточный, вытяжной)

Количество теплоты, поступающей в единицу времени на внутреннюю поверхность ограждения 2 зимней теплицы, равно:

$$Q_{\text{орг}} = (1 - (A_1 / (1 - k_{\text{стр}}))) Q_{\text{изл}} + Q_{\text{луч}} + Q_{\text{конв2}}, \text{Вт}, (1)$$

где $k_{\text{отр}} = (1 - A_1)(1 - A_2)\varphi_{21}/(1 - \varphi_{22}(1 - A_2))$ – коэффициент, учитывающий многократное отражение теплового излучения от поверхности почвы 1 и внутренней поверхности ограждения 2 теплицы; A_1 и A_2 – соответственно коэффициенты поглощения поверхности почвы 1 и внутренней поверхности ограждения 2 теплицы; φ_{21} – коэффициент облученности с внутренней поверхности ограждения 2 теплицы на поверхность почвы 1; φ_{22} – коэффициент самооблученности внутренней поверхности ограждения 2 теплицы; $Q_{\text{изл}}$ – лучистая составляющая тепловой мощности комбинированной системы отопления, Вт; $Q_{\text{луч}}$ – результирующее тепловое излучение, возникающее между поверхностью почвы 1 и внутренней поверхностью ограждения 2 теплицы, Вт; $Q_{\text{конв2}}$ – конвективная составляющая теплообмена между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения 2 теплицы, Вт.

Лучистая составляющая тепловой мощности комбинированной системы отопления, согласно действующему своду правил [15], не должна превышать максимальной величины (полагаем, что все инфракрасное излучение, испускаемое излучателем 3, падает на поверхность почвы 1 теплицы), равной:

$$Q_{\text{изл}} = q_{\text{изл}} F_{\text{пов}}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где $q_{\text{изл}}$ – максимальная интенсивность инфракрасного излучения, Вт/м². В соответствии со сводом правил [15] величина $q_{\text{изл}}$ не должна превышать 150 Вт/м² на постоянных и 250 Вт/м² на непостоянных рабочих местах; $F_{\text{пов}}$ – площадь поверхности почвы 2 теплицы, м².

Тепловой поток излучением между поверхностью почвы 1 и внутренней поверхностью ограждения 2 теплицы при условии, что $t_{\text{пов}} > t_{\text{огр}}$ и $\varphi_{12} = 1$ (все тепловое излучение, идущее с поверхности почвы 1, полностью попадает на внутреннюю поверхность ограждения 2 теплицы), определяется по закону Стефана-Больцмана:

$$Q_{\text{лнч}} = c_0 \varepsilon_{\text{пр12}} F_{\text{пов}} ((T_{\text{пов}}/100)^4 - (T_{\text{отп}}/100)^4), \text{ Вт}, \quad (3)$$

где ϵ_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, 5,67 Вт/(м²·К⁴); $\epsilon_{\text{пр}12}$ – приведенный относительный коэффициент теплового излучения поверхности почвы 1 и внутренней поверхности ограждения 2 теплицы; $T_{\text{пов}} = t_{\text{пов}} + 273,15$ и $T_{\text{огр}} = t_{\text{огр}} + 273,15$ – соответственно абсолютная температура поверхности почвы 1 и внутренней поверхности ограждения 2, К.

Конвективная составляющая теплообмена между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения 2 теплицы рассчитывается по закону конвективного теплообмена Ньютона-Рихмана:

$$Q_{\text{конв2}} = \alpha_{\text{BH}}(t_{\text{BH,B}} - t_{\text{огр}})F_{\text{огр}}, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{вн}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения 2 теплицы, Вт/(м²·К);

$F_{огр}$ – суммарная площадь ограждения 2 теплицы, m^2 .

В то же время тепловой поток, уходящий через ограждение 2 теплицы, по уравнению теплопередачи будет равен:

$$Q_{огр} = ((t_{огр} - t_{н.в.})/R_t)F_{огр}, \text{ Вт}, \quad (5)$$

где $R_t = R_{огр} + 1/\alpha_n$ – сопротивление теплопередаче ограждения 2 теплицы, $m^2 \cdot K/Вт$; $R_{огр}$ – термическое сопротивление ограждения 2 теплицы, $m^2 \cdot K/Вт$; α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения 2, $Вт/(m^2 \cdot K)$. По данным таблицы 6 свода правил [16] $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$.

Конвективная составляющая тепловой мощности комбинированной системы отопления находится через уравнение теплового баланса зимней теплицы:

$$Q_{изл} + Q_{нагр} = Q_{огр} + Q_{вент} + Q_{гр}, \text{ Вт}, \quad (6)$$

где $Q_{нагр}$ – конвективный тепловой поток, идущий от автономных конвективных обогревателей 4, $Вт$; $Q_{вент}$ – потери теплоты с вентиляционным воздухом, уходящим из теплицы через вытяжной вентиляционный проем 5, $Вт$; $Q_{гр}$ – потери теплоты в глубинные горизонты грунта, $Вт$.

Потери теплоты с уходящим вентиляционным воздухом численно равны расходу теплоты на нагрев воздуха, поступающего из окружающей среды в теплицу через приточный вентиляционный проем 5:

$$Q_{вент} = G_v(h_{вн.в} - h_{н.в.}), \text{ Вт}, \quad (7)$$

где G_v – массовый расход сухой части влажного воздуха, участвующего в воздухообмене в теплице, $кг/с$; $h_{вн.в.}$ и $h_{н.в.}$ – соответственно удельная энтальпия внутреннего и наружного влажного воздуха, $Дж/кг$.

Потери теплоты в грунт упрощенно вычисляются по уравнению:

$$Q_{гр} = (t_{вн.в} - t_{н.в.})\sum_{i=1}^n (F_i/R_i), \text{ Вт}, \quad (8)$$

где F_i – расчетная площадь i -ой зоны грунта в теплице при их общем количестве n , m^2 ; R_i – сопротивление теплопередаче i -ой зоны грунта в теплице при их общем количестве n , $m^2 \cdot K/Вт$. Для первой зоны сопротивление теплопередаче равно $R_I = 2,1 \text{ м}^2 \cdot K/Вт$; для второй – $R_{II} = 4,3 \text{ м}^2 \cdot K/Вт$; для третьей – $R_{III} = 8,6 \text{ м}^2 \cdot K/Вт$; для четвертой – $R_{IV} = 14,2 \text{ м}^2 \cdot K/Вт$ [17].

Уравнение теплового баланса поверхности почвы 1 связывает между собой тепловые и массообменные процессы, происходящие в теплице:

$$\frac{A_1 Q_{изл}}{1 - k_{отр}} = Q_{луч} + Q_{конв1} + Q_{исп} + Q_{гр}, \text{ Вт}, \quad (9)$$

где $Q_{конв1}$ – тепловой поток, вызванный конвективным теплообменом между поверхностью почвы 1 и приземным слоем воздуха в теплице (на рис. 1 обозначен как $Q_{конв}$), $Вт$; $Q_{исп}$ – тепловой поток, расходуемый на испарение влаги с поверхности почвы 1, $Вт$.

Конвективный теплообмен между поверхностью почвы 1 и приземным слоем воздуха в теплице также подчиняется закону Ньютона-Рихмана:

$$Q_{конв1} = \alpha_k(t_{пов} - t_{вн.в.})F_{пов}, \text{ Вт}, \quad (10)$$

где α_k – коэффициент теплоотдачи поверхности почвы 1, $Вт/(m^2 \cdot K)$.

Тепловой поток, связанный с процессом парообразования на поверхности почвы 1, рассчитывается по уравнению:

$$Q_{исп} = G_{исп}r, \text{ Вт}, \quad (11)$$

где $G_{исп}$ – испарение влаги с поверхности почвы 1, $кг/с$; r – удельная теплота фазового превращения (перехода), $Дж/кг$.

При стационарном тепловлажностном режиме в зимней теплице интенсивность испарения влаги с поверхности почвы 1 должна быть равна количеству воды, уходящему из теплицы вместе с вентиляционным воздухом, т. е.:

$$G_{исп} = G_{вент} = G_v(d_{вн.в} - d_{н.в.}), \text{ кг/с}, \quad (12)$$

где $G_{вент}$ – потери влаги с уходящим из теплицы воздухом, $кг/с$; $d_{вн.в.}$ и $d_{н.в.}$ – соответственно влагосодержание внутреннего и наружного влажного воздуха, $кг/кг$.

Если на данном этапе расчета не учитывать количество влаги, поглощаемое растениями в теплице, то расход воды на полив почвы будет равен:

$$G_{пол} = G_{исп}, \text{ кг/с}, \quad (13)$$

где $G_{пол}$ – расход воды на полив почвы, $кг/ч$.

Стоит отметить, что при разработке метода расчета комбинированной системы отопления зимней теплицы, принято во внимание ряд допущений: во-первых, расчет теплообмена через ограждение культивационного сооружения по уравнению теплопередачи (5) выполняется как для плоской стенки, ввиду относительно малой толщины конструкции, обычно не превышающей 32 мм; во-вторых, потолочные инфракрасные излучатели рассматриваются как линейные источники теплоты, и поэтому затенения ими ограждающих конструкций теплицы не учитываются.

Пример реализации способа. Рассмотрим на примере индивидуальной промышленной теплицы «Фермер 7.5» (рис. 2) способ расчета комбинированной системы отопления.

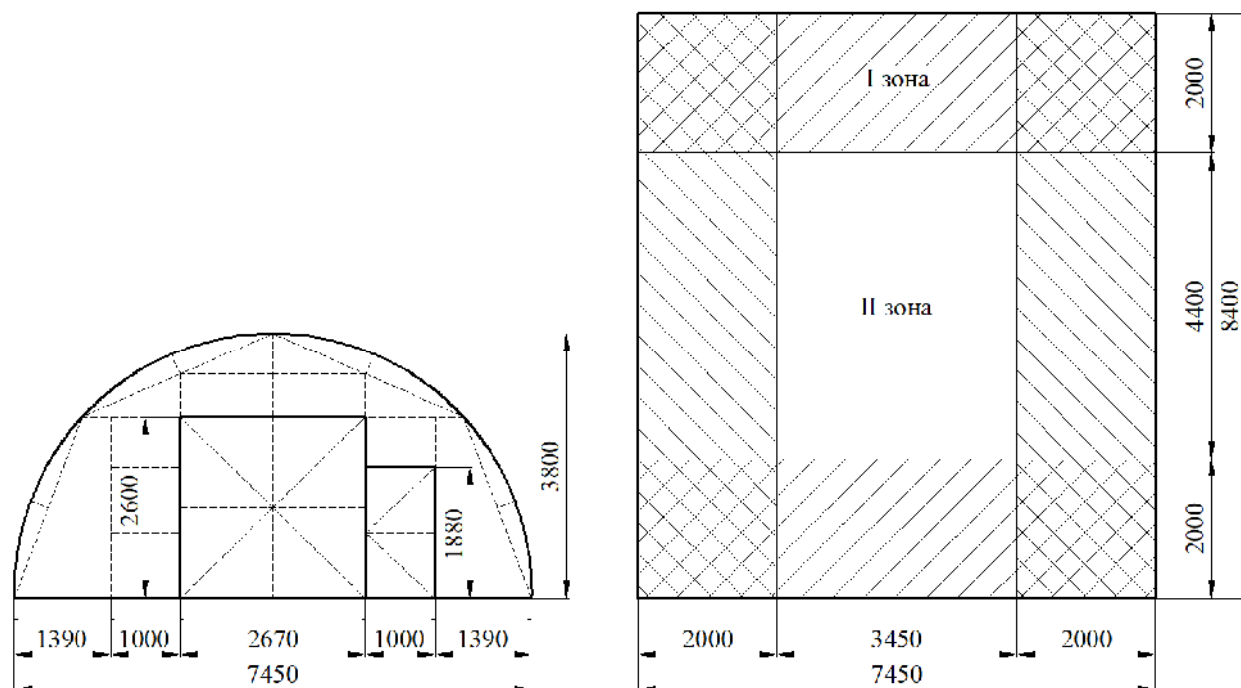


Рис. 2. Промышленная теплица «Фермер 7.5» и схема разбивки грунта на зоны

Исходные данные для выполнения расчета:

1. Размеры (габариты) теплицы: ширина $a = 7,45$ м; длина $b = 8,40$ м; высота $h = 3,80$ м.

2. Параметры поверхности почвы (томаты до плодоношения в зимне-весенний оборот, согласно данным табл. 1): температура $t_{\text{пов}} = 18$ °С; коэффициент поглощения $A_1 = 0,65$ (коэффициент отражения $R_1 = 0,35$); коэффициент теплового излучения (степень черноты) $\varepsilon_1 = A_1 = 0,65$.

3. Параметры ограждения: материал – сотовый поликарбонат с термическим сопротивлением ограждения $R_{\text{огр}} = 0,25$ м²·К/Вт; коэффициент поглощения $A_2 = 0,94$ (коэффициент отражения $R_2 = 0,06$); коэффициент теплового излучения (степень черноты) $\varepsilon_2 = A_2 = 0,94$.

4. Расчетные параметры внутреннего воздуха (табл. 1): температура $t_{\text{вн.в}} = 22$ °С; относительная влажность $\varphi_{\text{вн.в}} = 65\%$.

5. Расчетные параметры наружного воздуха для условий г. Вологды [18]: температура $t_{\text{н.в}} = -32$ °С; относительная влажность $\varphi_{\text{н.в}} = 85\%$.

6. Параметры воздухообмена: принудительная вентиляция; кратность воздухообмена для индивидуальной теплицы – $n_v = 1,0$ м³/мин на 1 м² площади помещения [19].

7. Параметры орошения: коэффициент орошения почвы $k_{\text{ор}} = 1$ (орошается вся поверхность почвы в теплице).

8. Условие пребывания людей в рабочей зоне: непостоянное пребывание рабочего персонала на своих местах.

Расчет лучисто-конвективного отопления промышленной теплицы «Фермер 7.5» (рис. 2)

выполнен в математическом редакторе «Mathcad».

По итогам программного расчета лучисто-конвективного отопления промышленной теплицы «Фермер 7.5» получены следующие результаты:

1. Требуемая мощность инфракрасного излучения $Q_{\text{изл}} \approx 15,6$ кВт и конвективной системы отопления $Q_{\text{нагр}} \approx 133,7$ кВт.

2. Необходимый расход воды на полив почвы $G_{\text{пол}} \approx 58,5$ кг/ч.

3. Потери теплоты: через ограждение теплицы $Q_{\text{огр}} \approx 23,4$ кВт; с вентиляционным воздухом, уходящим из теплицы в окружающую среду, $Q_{\text{вент}} \approx 124,2$ кВт; в грунт $Q_{\text{гр}} \approx 1,82$ кВт.

4. Температура внутренней поверхности ограждения теплицы $t_{\text{огр}} \approx 8,8$ °С.

5. Потери теплоты от теплообмена излучением между поверхностью почвы и внутренней поверхностью ограждения теплицы $Q_{\text{луч}} \approx 1,96$ кВт.

6. Потери теплоты от конвективного теплообмена между внутренним воздухом и поверхностью почвы в теплице $Q_{\text{конв1}} \approx 0,08$ кВт (в данном случае $t_{\text{вн.в}} > t_{\text{пов}}$ °С); между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения теплицы $Q_{\text{конв2}} \approx 16,1$ кВт.

7. Потери теплоты, связанные с процессом испарения влаги с поверхности почвы в теплице, составили $Q_{\text{исп}} \approx 40,0$ кВт.

На рис. 3 показана зависимость расчетной тепловой мощности системы лучисто-конвективного отопления $Q_{\text{сум}} = Q_{\text{изл}} + Q_{\text{нагр}}$ Вт, и температуры внутренней поверхности ограждения

, °C, зимней теплицы (рис. 2) от температуры наружного воздуха $t_{н.в.}$, °C, в течение отопительного сезона. Температура внутренней поверхно-

сти ограждения $t_{огр}$ определяется исходя из решения системы взаимосвязанных уравнений тепломассопереноса (1), (5), (6), (9), (12) и (13).

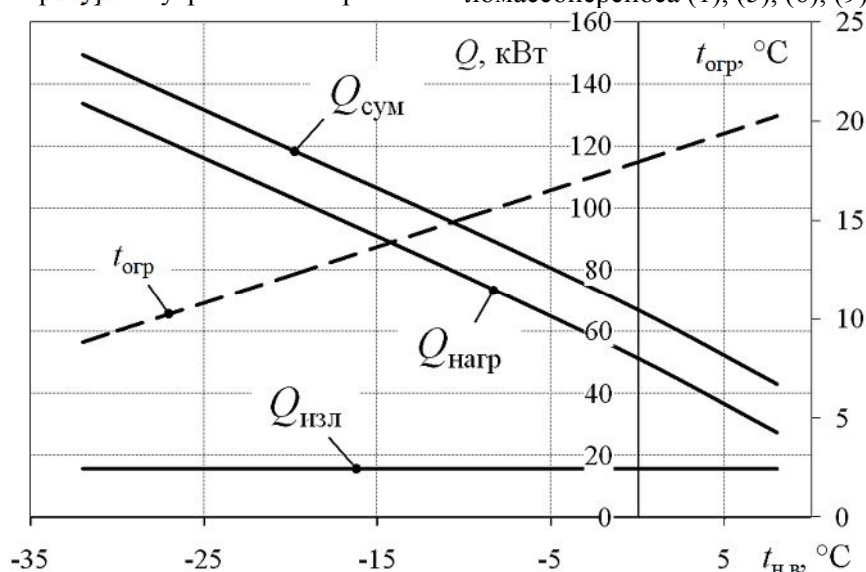


Рис. 3. Тепловая мощность системы отопления и температура ограждения теплицы

Согласно рис. 3, с повышением температуры наружного воздуха $t_{н.в.}$, °C, наблюдается уменьшение суммарной тепловой мощности комбинированной системы отопления $Q_{сум}$, Вт, что является вполне закономерным. Отопление служит для компенсации тепловых потерь в помещении, которые снижаются при росте температуры окружающей среды [20–23]. Ввиду того, что ограждение теплицы не обладает высокими теплозащитными свойствами (данная проблема является одной из ключевых в тепличном строительстве) температура $t_{огр}$, °C, в определенных случаях может опускаться ниже 10 °C. Поэтому стоит рассмотреть вариант предварительного нагрева наружного воздуха для нужд вентиляции теплицы в случае неблагоприятных климатических условий.

Результаты исследования. Конвективная составляющая тепловой мощности комбинированной системы отопления теплицы оказалась гораздо больше лучистой. Это объясняется не только низкой температурой наружного воздуха $t_{н.в.}$, °C, но и ограничениями по интенсивности инфракрасного излучения. С ростом температуры наружного воздуха доля лучистого отопления в тепловом балансе комбинированного отопления, очевидно, будет неуклонно увеличиваться. В любом случае рассмотренный способ обогрева позволяет поддерживать как требуемую температуру почвы, так и температуру внутреннего воздуха в зимней теплице без подключения к системе централизованного теплоснабжения (СЦТ). Как показали расчеты, расход теплоты на нужды воздухообмена оказался достаточно большим, поэтому имеет смысл рассмотреть также

вариант предварительного подогрева приточного воздуха до расчетной температуры перед его подачей в теплицу.

Заключение и выводы. Предложенный способ расчета может быть использован для проектирования комбинированных систем отопления культивационных сооружений, включающих как конвективные отопительные приборы, так и инфракрасно-лучистые обогреватели.

Перспективой дальнейших исследований является разработка инженерной методики расчета системы лучисто-конвективного отопления теплицы культивационного сооружения, которая позволит проектировщику в максимально сжатые сроки и по предельно упрощенному алгоритму, без решения сложной системы взаимосвязанных уравнений теплового и материального балансов, определять искомые характеристики при заданных расчетных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпов Д.Ф., Синицын А.А. Технико-экономическая оценка эффективности применения лучистого отопления в теплицах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 1. С. 73–80. DOI: 10.12737/article_5c50621316e4b5.61522261.
2. Ляшенко Т.А., Черемисина С.А. Исследование энергоэффективности системы отопления в теплицах для условий Амурской области // Тенденции развития науки и образования. 2018. №35. С. 13–17.
3. Ловкис В.Б., Деменок Н.А., Ловкис О.В., Мартинов О.Г. Современный подход к отоплению теплиц // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. С. 334–342.

4. Hanan J.J. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Colorado: CRC Press. 2017. 684 p.
5. Ловкис В.Б., Деменок Н.А. Совершенствование систем отопления пленочных рассадно-овощных теплиц // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. 2011. С. 55–58.
6. Ловкис В.Б., Деменок Н.А. Энергосберегающие технологии инфракрасного обогрева // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. 2014. С. 66–71.
7. Pieters J.G., Deltour J.M. Modelling solar energy input in greenhouses // Solar Energy. 1999. Vol. 67. No. 1. Pp. 119–130.
8. Bargach M.N., Tadili R., Dahman A.S., Boukallouch M. Survey of thermal performances of a solar system used for the heating of agricultural greenhouses in Morocco // Renewable Energy. 2000. Vol. 20. No 4. Pp. 415–433.
9. Tong Y., Nishioka N., Ohya K., Kozai T. Greenhouse heating using heat pumps with a high coefficient of performance (COP) // Biosystems Engineering. 2010. Vol. 106. No. 4. Pp. 405–411.
10. Aye L., Fuller R.J., Canal A. Evaluation of a heat pump system for greenhouse heating // International Journal of Thermal Sciences. 2010. Vol. 49. No. 1. Pp. 202–208.
11. Mihalakakou G., Psiloglou B., Santamouris M., Nomidis D. Application of renewable energy sources in the Greek islands of the south Aegean Sea // Renewable Energy. 2002. Vol. 26. No. 1. Pp. 1–19.
12. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление теплиц с помощью пленочных электронагревателей // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2015. No 7 (138). С. 30–35.
13. РД-АПК 1.10.09.01-14. Методические рекомендации по технологическому проектированию теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады: утв. врио директора Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России Вельма-товым А. А. от 13.08.2014. М.: ФГБНУ «Росин-форматротех». 2014. 104 с.
14. Солод Л.В. Определение интенсивности облучения при проектировании систем газового лучистого отопления // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2013. No 3 (180). С. 24–28.
15. СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003: утв. Минстроем России от 16.12.2016 No 968/пр. Введ. 17.06.2017. М.: ФГУП «Стандартинформ». 2016. 104 с.
16. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий: актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: утв. Минрегионом России от 30.06.2012 No 265. Введ. 01.01.2012. М.: ФАУ «ФЦС». 2012. 96 с.
17. Богословский В.Н., Сканави А.Н. Отопление: учебник для вузов. М.: Стройиздат. 1991. 735 с.
18. СП 131.13330.2018. Свод правил. Строительная климатология: актуализированная редакция СНиП 23-01-99*: утв. Минстроем России от 28.11.2018 No 763/пр. Введ. 29.05.2019. М.: ФГУП «Стандартинформ». 2018. 107 с.
19. Климов В.В. Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств. М.: Энергоатомиздат. 1992. 96 с.
20. Pavlov M., Lukin S., Derevianko O. Modeling of greenhouse radiant heating // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. Pp. 03006. DOI.org/10.1051/mateconf/201819303006.
21. Kavga A., Konstas I., Panidis T. Assessment of infrared heating benefits in a production green-house // Applied Engineering in Agriculture. 2015. Vol. 31 (1). Pp. 143–151.
22. Paulauskaite S., Parfentjeva N., Valancius K. Results of the investigation of microclimate created by radiant heating/cooling system // 7th International conference on environmental engineering. 2008. Pp. 859–863.
23. Aye L., Fuller R.J., Canal A. Evaluation of a heat pump system for greenhouse heating // International Journal of Thermal Sciences. 2010. No. 1. Vol. 49. Pp. 202–208.

Информация об авторах

Павлов Михаил Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоводоснабжения. E-mail: pavlov_kaftgv@mail.ru. Вологодский государственный университет. Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15, каб. 109.

Карпов Денис Федорович, старший преподаватель кафедры теплогазоводоснабжения. E-mail: karpov_denis_85@mail.ru. Вологодский государственный университет. Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15, каб. 109.

Поступила в октябре 2019 г.

© Павлов М.В., Карпов Д.Ф., 2019

***Pavlov M.V., Karpov D.F.**
 Vologda State University
 Russia, 160000, Vologda, Lenina st., 15,
 *E-mail: pavlov_kafitgv@mail.ru

CALCULATION METHOD OF CULTIVATION FACILITY COMBINED HEATING SYSTEM USING WINTER GREENHOUSE AS AN EXAMPLE

Abstract. Modern systems of artificial heating of cultivation structures on the example of winter greenhouses intended for year-round use require the development of sufficiently accurate and reliable methods of calculation. According to the calculations, a decentralized heating system of agricultural facilities, which includes only ceiling infrared heating elements, is justified only in a moderately cold period of the year. At lower outdoor temperatures, mainly in January, the indoor temperature may drop below standard values due to the specifics of radiant heating. Therefore, the article considers the method of calculating heat power of the radiant and convective heating system that includes infrared emitters for soil heating and convective heating devices for maintaining the target indoor air temperature. The calculation procedure of radiant and convective (combined) heating system comes to the calculation of incoming and outgoing heat and mass fluxes as well as finding unknown microclimate parameters (first of all, inside air temperature) that form design heat and humidity conditions of an agrobiotechnological facility. The proposed calculation method has been tested at the industrial greenhouse "Fermer 7.5".

Keywords: radiant-convective heating, combined heating, infrared emitter, thermal capacity, heater, soil, greenhouse.

REFERENCES

1. Karpov D.F., Sinitsyn A.A. Techno-economic assesment of radiant heating effectiveness in greenhouses [Tekhniko-ekonomicheskaya ocenka effektivnosti primeneniya luchistogo otopeniya v teplicah]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 1. Pp. 73–80. (rus)
2. Lyashenko T.A., Cheremisina S.A. Study of the energy efficiency of the heating system in greenhouses for the conditions of the Amur region [Issledovanie energoeffektivnosti sistemy otopeniya v teplicah dlya uslovij Amurskoj oblasti]. Trends in the development of science and education. 2018. No. 35. Pp. 13–17. (rus)
3. Lovkis V.B., Demenok N.A., Lovkis O.V., Martinov O.G. Modern approach to heating greenhouses [Sovremennyj podhod k otopeniyu teplic]. Mechanization and electrification of agriculture. 2012. Pp. 334–342. (rus)
4. Hanan J.J. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Colorado: CRC Press, 2017. 684 p.
5. Lovkis V.B., Demenok N.A. Improvement of heating systems of film seedling and vegetable greenhouses [Sovershenstvovanie sistem otopeniya plenochnyh rassadno-ovoshchnyh teplic]. Scientific and technical progress in agricultural production. 2011. Pp. 55–58. (rus)
6. Lovkis V.B., Demenok N.A. Energy-saving technologies of infrared heating [Energosberegayushchie tekhnologii infrakrasnogo obogreva]. Scientific and technical progress in agricultural production. 2014. Pp. 66–71. (rus)
7. Pieters J.G., Deltour J.M. Modelling solar energy input in greenhouses. Solar Energy. 1999. Vol. 67. No. 1. Pp. 119–130.
8. Bargach, M.N., Tadili R., Dahman A.S., Boukallouch M. Survey of thermal performances of a solar system used for the heating of agricultural greenhouses in Morocco. Renewable Energy. 2000. Vol. 20. No. 4. Pp. 415–433.
9. Tong Y., Nishioka N., Ohyama K., Kozai T. Greenhouse heating using heat pumps with a high coefficient of performance (COP). Biosystems Engineering. 2010. Vol. 106. No. 4. Pp. 405–411.
10. Aye L., Fuller R.J., Canal A. Evaluation of a heat pump system for greenhouse heating. International Journal of Thermal Sciences. 2010. Vol. 49. No. 1. Pp. 202–208.
11. Mihalakakou G., Psiloglou B., Santamouris M., Nomidis D. Application of renewable energy sources in the Greek islands of the south Aegean Sea. Renewable Energy. 2002. Vol. 26. No. 1. Pp. 1–19.
12. Bolotskikh N.N. Infrared heating of greenhouses by means of film electric heaters [Infrakrasnoe otopenie teplic s pomoshch'yu plenochnyh elektronagrevatelej]. Energy Saving. Energy. Energy audit. 2015. No. 7 (138). Pp. 30–35. (rus)
13. GD-AIC 1.10.09.01-14. Methodical recommendations on the technological design of greenhouses and greenhouse plants for growing vegetables and seedlings [Metodicheskie rekomendacii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu teplic i teplichnyh kombinatov dlya vyrashchivaniya ovoshchej i rassady]. 2014. 104 p. (rus)
14. Solod L.V. Determination of irradiation intensity when designing gas radiation heating systems

[Opredelenie intensivnosti oblucheniya pri proektirovani sistem gazovogo luchistogo otopeniya]. Bulletin of Pridniprovs'ka state academy of civil engineering and architecture. 2013. No. 3 (180). Pp. 24–28. (rus)

15. SR 60.13330.2016. Heating, ventilation and air conditioning [Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie vozduha]. 2016. 104 p. (rus)

16. SR 50.13330.2012. Thermal protection of buildings [Teplovaya zashchita zdaniy]. 2012. 96 p. (rus)

17. Bogoslovsky V.N., Skanavi A.N. Heating [Otoplenie]: textbook for universities. Moscow: Strojizdat. 1991. 735 p. (rus)

18. SR 131.13330.2018. Building climatology [Stroitel'naya klimatologiya]. 2018. 107 p. (rus)

19. Klimov V.V. Equipment for greenhouses for subsidiary and personal farms [Oborudovanie

teplic dlya podsobnyh i lichnyh hozyajstv]. Moscow: Energoatomizdat. 1992. 96 p. (rus)

20. Pavlov M., Lukin S., Derevianko O. Modeling of greenhouse radiant heating. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. Pp. 03006.

21. Kavga A., Konstas I., Panidis T. Assessment of infrared heating benefits in a production green-house. Applied Engineering in Agriculture. 2015. Vol. 31 (1). Pp. 143–151.

22. Paulauskaite S., Parfentieva N., Valancius K. Results of the investigation of microclimate created by radiant heating/cooling system. 7th International conference on environmental engineering. 2008. Pp. 859–863.

23. Aye L., Fuller R.J., Canal A. Evaluation of a heat pump system for greenhouse heating. International Journal of Thermal Sciences. 2010. No. 1. Vol. 49. Pp. 202–208.

Information about the authors

Pavlov, Mikhail V. PhD, Associate Professor. E-mail: pavlov_kaftgv@mail.ru. Vologda state university. Office 109, 15, Lenin St., Vologda, 160000, Russia.

Karpov, Denis F. Senior Lecturer. E-mail: karpov_denis_85@mail.ru. Vologda state university. Office 109, 15, Lenin St., Vologda, 160000, Russia.

Received in October 2019

Для цитирования:

Павлов М.В., Карпов Д.Ф. Способ расчета комбинированной системы отопления культивационного сооружения на примере зимней теплицы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 47–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-47-55

For citation:

Pavlov M.V., Karpov D.F. Calculation method of cultivation facility combined heating system using winter greenhouse as an example. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 47–55. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-47-55

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-56-64

Козырева Е.А.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4
E-mail: ket007@mail.ru

ПРОБЛЕМА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ БЛИЖНИХ УСАДЕБ ВЫСШЕЙ ЗНАТИ, НА ПРИМЕРЕ «ДАЧИ КУШЕЛЕВЫХ-БЕЗБОРОДКО»

Аннотация. В статье рассмотрен феномен ближних усадеб высшей знати, как часть исторического градоформирующего аспекта при формировании Санкт-Петербурга и его окрестностей. Приспособление объектов культурного наследия для современного использования носит актуальный и целесообразный характер. Используя аналитический метод изучения выявляются особенности и характерные признаки типа объектов «ближние усадьбы высшей знати». Подробно рассматриваются основные этапы строительства и хозяйственного освоения территории дачи Кушелевых-Безбородко, как одного из примеров ближних усадеб высшей знати. Данный объект был создан талантливыми выдающимися зодчими, но уже в XIX веке начались работы по освоению его территории для развивающейся территории города. Объект отнесен к типу ближние усадьбы высшей знати к категории утраченные, так как объект не сохранился до наших дней в изначальном объеме. Проанализированы этапы освоения территории и составлен историко-культурный опорный план. Изучено сохранность исторической среды и проанализированы видовые характеристики объекта и окружающей среды. Предложены пути сохранения объекта и окружающей среды. Установлено, что для сохранения объекта необходимо установить требования при строительстве и освоении окружающей территории.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, приспособление для современного использования, дача Кушелевых-Безбородко, историческая среда, историко-культурный опорный план, ближние усадьбы высшей знати.

Введение. Вопрос приспособления для современного использования объектов культурного наследия в Российской Федерации является актуальным, несмотря на большой пласт уже отреставрированных объектов. Как пример государственной поддержки и привлечения внимания к проблеме утраты усадеб можно привести губернаторскую программу «Усадьбы Подмосковья». Развивается национальный фонд «Возрождение русской усадьбы».

Одним из наиболее проблемных на взгляд автора является приспособление усадеб высшей знати. Феномен «усадеб высшей знати» характерен не только для Санкт-Петербурга и Московской области, но и для других регионов Российской Федерации. Такие объекты являлись градоформирующими и средообразующими объектами, они диктовали стилистику и формообразование.

В Санкт-Петербурге и вокруг него до 1917 г можно отметить наличие усадеб, которые по своему содержанию и амбициозности, могут в чем-то поспорить с Императорскими загородными дворцово-парковыми комплексами. Но в тоже время имеют характерные отличительные особенности, по которым их можно отделить как от Императорских дворцовых загородных комплексов, так и от помещичьих усадеб. Такой особый тип объектов можно обозначить как «ближние

усадьбы высшей знати». Усадьбы (точнее - дворцово-парковые комплексы) высшей знати традиционно развивались как особый тип объектов на прилегающей к столичному городу территории. В настоящее время многие из них находятся в границах современной городской черты [1–5].

Эти усадьбы создавали великолепные миры вокруг столичного города и зачастую предрекая судьбу владельцев (Каменный остров – Бестужев-Рюмин). В некоторых случаях, когда владелец разорялся, такие усадьбы выкупались в казну города, становясь Императорскими резиденциями (Елагин остров, Таврический дворец и т.п.), иногда передавались лечебным организациям (Дача К.Е. Сиверса, Новознаменка и т.п.). По результатам проделанной мной работы выделено наличие таких объектов и их характерные особенности, в том числе наличие объектов, направленных на то, чтобы подчеркивающих «статусность» владельцев, а не на хозяйственные нужды (оранжереи с орхидеями и ананасами, боскеты и перголы) [1–5]. Большинство таких сооружений носило временный характер и не дошло до наших дней, о их виде и наличии мы можем судить только по описаниям, данным в воспоминаниях современников (Георги И.Г., Пыляев М.И., Генрих фон Реймерс, барон Н.Н. Врангель). Выделенные усадьбы можно типологизировать по сохранности территории и компонентов.

Материалы и методы. Основная задача – выявление закономерностей формирования планировочной структуры и роли отдельных элементов на разных исторических этапах. Главная цель – определение ценных и устойчивых элементов планировочной структуры как предметов градостроительной охраны, а также основных тенденций изменения функционального использования.

На основании анализа ключевых исторических планов города Санкт-Петербурга и рассматриваемой территории уточняется периодизация этапов для рассматриваемой территории и составляется историко-культурный опорный план (рис. 1). Он является основой для анализа изменений территории и выявления сохранившейся структуры.

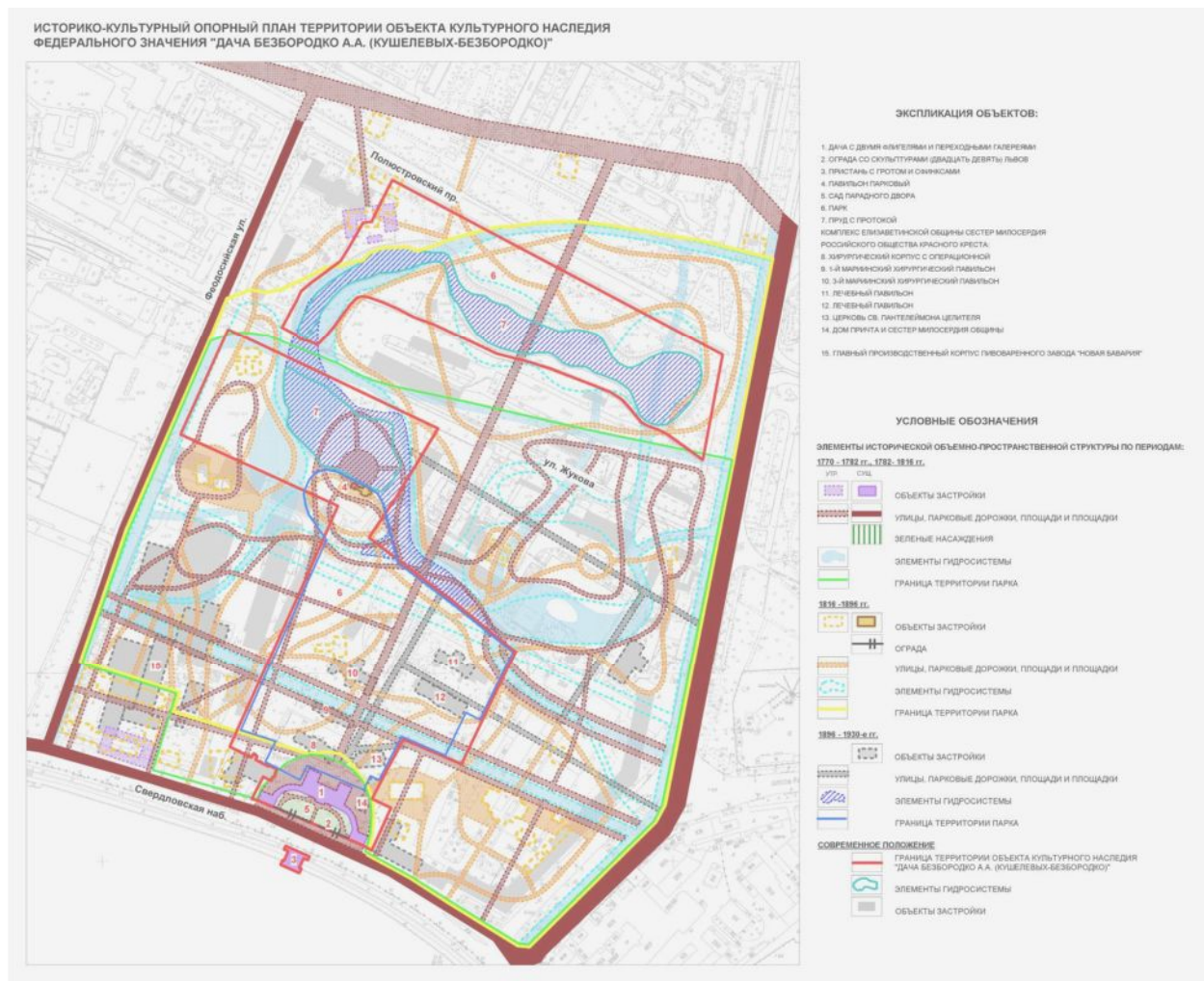


Рис. 1. Историко-культурный опорный план объекта культурного наследия федерального значения «Дача Безбородко А.А. (Кушелевых-Безбородко)»

Основная часть. В 17 в. на территории по правому берегу Невы, при впадении Охты в Неву, находилась шведская крепость Ниеншанц. Вокруг нее возник город Ниен. По берегу Невы к западу от него располагалось большое поселение Ремсан (на месте западной его половине в дальнейшем разместился парк дачи Кушелевых-Безбородко) [6].

На месте изучаемой усадьбы находился казенный сад – древесный питомник, устроенный по распоряжению Петра I Ж.Б.Леблонем в 1717г. [7] К северу от казенного сада в 1718 г. лейб-медик Петра I Р. Эрскин обнаружил ценный источник лечебной минеральной воды, использование которого продолжил следующий

лейб-медик императора – Л. Блюментрост. По преданию, Петр I сам приезжал осмотреть источник. Местность эта была названа Палюстрово от латинского слова «palustris» – болото (в 20 в. именовалось Полюстрово). Однако после смерти императора палюстровские железистые минеральные источники были забыты и продолжали пользоваться этой водой только местные – охтяне [6, 8].

В 1770 г. «казенный сад ея величества» между Казачьей и Охтенской слободами был пожалован Екатериной II своему приближенному, сенатору и тайному советнику Г.П.Теплову, впоследствии главе Академии наук [9]. Эту территорию Теплов значительно расширил, выкупив у

охтинских поселян участок с железными ключами, где желал устроить лечебное заведение. Для нового хозяина на берегу Невы в 1773–1777 гг. был построен небольшой трехэтажный дом. Предположительно автором проект был В.И. Баженов [10].

Усадьба Г.Н. Теплова насчитывала 1400 десятин. Новый хозяин продолжил традиции казенного сада; в его оранжереях “на пару” круглогодично выращивались клубника, персики, ананасы. После смерти, которого усадьба была продана его сыном канцлеру А.А. Безбородко в 1782 г. [6, 7].



Рис. 2. Проект Дачи Безбородко. Дж. Кваренги, 1780-е гг.

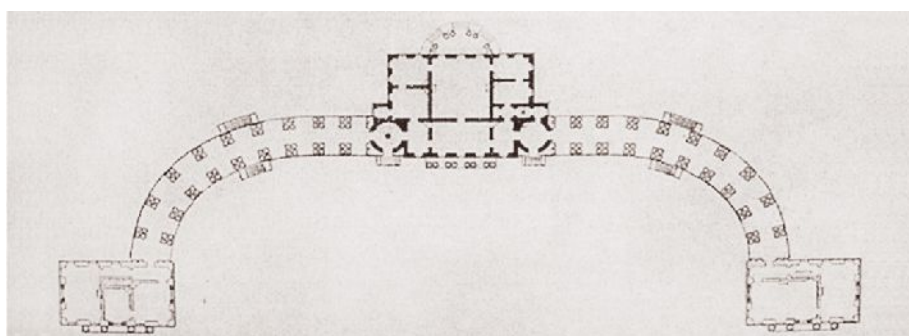


Рис. 3. Проект Дачи Безбородко. Дж. Кваренги, 1780-е гг.

Для него по проекту Д. Кваренги в 1783–1784 гг. был перестроен и расширен старый тепловский дом. Одновременно, также по проекту Д. Кваренги (рис. 2 и 3), на берегу была построена великолепная гранитная пристань с гротом, сфинксами, уступами поднимавшаяся от Невы. На верхней площадке находились медные пушки «для увеселения» [8]. Пристань соединялась с дворцом подземным ходом [9].

К северу от усадебного дома в 1783–1787 гг., вероятно, также по проекту Д. Кваренги, был разбит обширный парк. Его композиционную основу составили две взаимно перпендикуляр-

ные аллеи. Меридианального направления прямая аллея, ориентированная на ось дворца, соединяла его с полуостровскими ключами. В средней части она огибала круглую площадку со скульптурными портретами родственников канцлера.

Уже в этот ранний период существования парк в Полустрове был открыт «во всякое время всем порядочно одетым людям» [10]. С конца XVIII в. сад графа Безбородко упоминается в числе мест для публичных прогулок, поскольку он открыт «даже при бываемых у владельцев торжествах», здесь «бывают иногда иллюминации и фейерверки, музыка и пр» (рис. 4) [11].



Рис. 4. Сергеев А.А. Дача графа И.А. Безбородко. Акварель, 1800 г.

После смерти А.А.Безбородко в 1799 г. ему наследовал брат Илья – боевой генерал, во владении которого усадьба Полюстрово оставалась до 1815 г. [10] После смерти брата канцлера имение перешло к двум его дочерям, старшая из которых Любовь была замужем за графом Г.Г. Кушелевым. В 1816 г. перешло во владение внуку всесильного сановника А.Г. Кушелеву.

В 1820–30-х годах процесс сдачи в аренду участков затронул и обширные участки бывшего безбородкинского имения к западу и востоку от мызы были разделены на более мелкие для продажи [11].

В 1833 г. территория парка Кушелевых-Безбородко вместе с деревней Полюстрово вошла в черту города в составе Охтенского участка Выборгской части. Графу Кушелевых-Безбородко Департаментом искусственных дел было предоставлено право строить на участках земли из своего имения жилые дома, дачи, фабрики и пр. не по образцовым проектам. [9, 12]

Таким образом, уже в 1820-х–1830-х гг. границы усадьбы, планировочная композиция местности и характер ее использования значительно изменились.

Первый опыт создания в Полюстрове курорта с использованием минеральной воды для купания начался 1 июня 1838 г. Аптекарь Фишер на собственные средства выстроил при ключах деревянный дом с несколькими ванными для купания и бассейном с полюстровской водой, комнатами отдыха при нем, а также “пространной” прогулочной галереей.

К 1848 г. на полюстровском курорте был выстроен деревянный одноэтажный танцевальный павильон, который днем в ненастную погоду использовался для прогулок. В те же годы в парке был устроен павильон Тиволи – обширный деревянный «вокзал Тиволи», с рестораном, широким двором, прогулочной галереей [6, 13].

Помимо собственно минеральных вод, славу Полюстрову создавали великолепные праздники для горожан, устраивавшиеся в графском саду по воскресным и праздничным дням. Здесь играл духовой оркестр, устраивались танцы, публику развлекали гимнасты. Нередкими зрелищами были полеты на воздушных шарах над графским садом. Кофейня И.И. Излера – деревянный павильон, который современники иногда называли «палаткой», – находилась на берегу большого овального острова [14–16].

А.Г. Кушелев-Безбородко умер в 1855 г. имение Полюстрово перешло его старшему сыну Григорию, который поднял курорт минеральных вод на новую ступень [11].

Г.А. Кушелев умер 1 мая 1870 г., а зимой того же года в усадьбе произошел опустошительный пожар. После этого события курорт кое-как попытались восстановить, но безуспешно. Через несколько лет после смерти графа его закрыли окончательно. В 1870-х годах был разобран и кваренгиевский павильон “Руина”. Вскоре от курорта ничего не осталось Г.А.Кушелеву наследовала его сестра графиня Л.А.Мусина-Пушкина, которая стала распродавать имение по частям. [6]

Если прежде под дачное строительство выделялись компактные территории в периферийной части усадьбы, то в 1873 г. был составлен проект разбивки территории, включая и парк, на 98 участков для продажи под дачи и «фабрики». Распродажа производилась в 1874–1875 гг., при этом участки зачастую скупались оптом для устройства промышленных предприятий. [6, 9, 17].

В 1874 г. большая территория в восточной части усадебного сада была приобретена архитектором П.А. Кавосом (1824–1883).

В 1875 г. из земель, приобретенных П.А. Кавосом на территории бывшего сада Кушелева-Безбородко, был выделен участок для устройства канатной фабрики.

В 1900 г. канатная фабрика (Охтенская дорога, 4) была преобразована в акционерное общество. Председателем стал М.Я. Эдвардс, директорами – Д.Д. Бланк и В.С. Мартин. Обществу (товариществу) канатной фабрики «Нева», отошла только территория занятая производственными постройками, а жилая часть – усадьба с домом Эдвардсов – была выделена в отдельный участок.

Из всего комплекса построек Эдвардсов сохранились только сооружения чисто утилитарного характера - небольшой кирпичный флигель и находящееся в аварийном состоянии и искаженное утратами и перестройками здание трепально-прядильного цеха АО (Товарищества) канатной фабрики «Нева». Все постройки, включая усадьбу, спроектированные известными архитекторами (Бенуа, Кавосом) утрачены.

Территория к западу от дворца в 1876 г. была продана акционерному обществу Славянского пивомедоваренного завода (с 1885 г. – «Новая Бавария» И.И. и А.И. Дурдиных).

В 1880-х гг. остальная часть усадьбы, включая дворец, также была продана – почетному гражданину купцу Брусницыну. Самую северную территорию, где находился источник минеральной воды, купил князь С.С. Абамелек-Лазарев, который организовал широкую продажу бутилированной полюстровской воды, а также доставку ее на дом.

В 1896 г. владение Брусницына приобрела Елизаветинская община сестер милосердия для создания больницы. Община была открыта в 1896 г. и названа в честь председательницы Красного Креста вел. кн. Елизаветы Федоровны (ныне прославлена как св. новомученица) [6, 9, 18, 19].

Община содержала курсы сестер милосердия. Больница называлась барачной Мариинской, она обслуживала рабочих и жителей Охтинского участка Выборгской части. Здесь несли свой подвижнический труд врачи и сестры, оказывая преимущественно бесплатную помощь беднейшему населению столицы. К началу 20 вв. протока между островком и берегом была засыпана. Парковая часть на территории Общины перепланирована, сохранялась только центральная аллея.

Община сестер милосердия открыта в 1896 г. и названа в честь ее председательницы, св. вел. кн. Елизаветы Федоровны. Община заняла здание и участок дачи с дворовыми флигелями, построенными в 1880 г. арх. Н.В. Набоковым. В 1896–1897 г. для нужд Общины архитектором Р.А. Гедике были построены хирургические и больничные павильоны. В 1898 г. арх. П.Ю. Сюзор построил новые больничные корпуса. В 1900–1901 гг. арх. А.В. Кащенко построил каменную церковь.

В 1910-х годах юго-восточная часть б. территории усадьбы была расчленена несколькими улицами – Елизаветинской, Енисейской ул., Кушелевским пер. и разбита на участки, частично сдававшиеся в аренду, частично проданные под строительство жилых домов и производственных предприятий.

Таким образом, вся восточная часть б. территории дачи еще до 1917 г. (в кон. 19 – начале 20 вв.) была расчленена на частновладельческие участки, частично застроена (судя по планам 1920-х–1930-х гг. в основном деревянными строениями), частично – не освоена (пустопроложные места). Уже к этому времени планировочная структура, исторические здания дачного комплекса (кроме одного паркового павильона) и ландшафтно-парковая композиция в данной зоне были утрачены.

В годы Советской власти ускорилось завершение процесса индустриализации местности, что было обусловлено, как созданием новых предприятий на месте дачных и огородных мест, так и укрупнением старых заводов и фабрик. Механический завод «Промет» расширился, на обширной территории завода активно строились новые корпуса, при этом были утрачены существовавшие здесь деревянные постройки кон. 19-нач. 20 вв. – мастерские, жилые и служебные

строения [13, 14]. Предприятие находилось в ведении Главного управления Противопожарного оборудования Наркомата общего машиностроения СССР, производило противопожарное оборудование. В последние десятилетия завод носил название завод «Россия» (точных сведений о предприятии не имеется, поскольку это был оборонный завод, даже не упоминавшийся в справочниках). В течение всего советского периода на его территории строились новые корпуса, перестраивались и расширялись существующие [14, 15]. Расположенная к северу от завода территория после Октябрьского переворота была, но прежнему занята Шпагатной фабрикой «Нева» (имела адрес пр. Ленина), [6], находившейся в эти годы в ведении главного управления пеньково-джутовой промышленности Наркомтекстильпрома РСФСР, производила шпагат и хозяйственную веревку. Еще до 1934 г. было разобрано первоначальное деревянное здание канатного цеха [22, 23].

В 1950-х гг. была проложена восточная часть улицы Жукова вдоль южной границы фабрики до пересечения с Пискаревским пр., полотно которой перерезало сохранявшийся до того времени западный парковый пруд [20]. Вода была взята в трубу, а южная часть пруда приобрела современные очертания. Это привело к новым значительным разрушениям элементов ландшафтной композиции и гидросистемы.

В 1956–1957 гг. была осуществлена перестройка павильона-кофейни с приспособлением его под конторское помещение завода «Промет» [14–17]. Широкие оконные проемы в восточной части павильона были заложены шлакоблоками, промежуток между его двумя частями соединен стенами из того же материала. К первоначальной наружной лестнице пристроили бетонную в три ступени [20].

Застройка Полострова современными жилыми домами началась на рубеже 1950-х–1960-х гг. В 1970 г. при реконструкции Пискаревского пр. к зоне его отчуждения была отторгнута полоса шириной 25–30 м. При этом была перенесена восточная граница территории канатной фабрики и снесены постройки бывшей усадьбы Эдвардсов – владельцев канатной фабрики – жилой и служебный деревянные двухэтажные дома, построенные арх. Н.Л. Бенуа. Кроме того, была расширена трасса в южной части Пискаревского пр., в нее вошли участки к западу от него, не принадлежавшие заводу «Россия». Вдоль красной линии проспекта в 1970-х–1980-х гг. возвели лицевые производственные корпуса предприятия, окончательно определившие специфический индустриальный образ данного района [18, 19, 22].

Севернее Полостровского пр. на месте деревянной пригородной застройки и огородов в 1960–1970-х гг. возведены жилые кварталы [21].

В восточной части набережной в 1969–1971 гг. сооружен комплекс 9-12 этажных домов со встроенными выставочными залами и магазинами. Свердловская наб. в 1970-х–1980-х гг. была реконструирована и расширена с устройством прогулочной эспланады. Гранитная пристань перед дачей Безбородко в 1987–1988 гг. реконструирована и перенесена на новую береговую линию.

Северный участок, ограниченный Полостровским пр., оградой медсанчасти (Полостровский пр., 12 лит. А), оградой заводской территории (б. фабрики Эдварса и Кавоса, в советский период фабрики «Нева») и ул. Жукова, представ-

ляет собой благоустроенную территорию, включает северную часть исторического пруда с протокой и зеленые насаждения в основном советского периода (средневозрастные деревья ценных пород – липа, ива). Перепланировка данной территории относится предположительно к 1950-м гг. на месте бывшего парка был устроен общественный сад. От исторической композиции сохранился только пруд с частично видоизмененной конфигурацией береговой полосы.

В 1959–1960 годах восстановлена пристань [14, 23]. В 1960–1962 гг. дача реставрирована, арх. В.С. Шерстнев.

В советский период в здании дачи размещалась больница им. Либкнехта, туберкулезная больница, затем противотуберкулезный диспансер №5.



Рис. 5. Вид усадьбы Кушелева-Безбородко со Свердловской наб. (магистр Блинова А.К., СПбГАСУ, 2019)

Выводы

1. Исторически территория частично была освоена и застроена новыми объектами.

2. Для сохранения объекта установлены зоны охраны, утвержденные Законом Санкт-Петербурга № 820-7 от 19.01.2009 «О границах объединенных зон охраны объектов культурного наследия, расположенных на территории Санкт-Петербурга, режимах использования земель и требованиях к градостроительным регламентам в границах указанных зон».

3. Дворец Кушелева-Безбородко не являлся местом постоянного проживания, в связи с чем его планировка и внутренние жилые площади весьма ограничены. Для современного использования такой объект не интересен с точки зрения инвестирования, так как мало площадей для использования, при этом обширная территория на которой запрещается строительство.

4. Площадь территории парка 31,635 га полезная площадь зданий 2,46 га. Баланс соотношения площади объектов недвижимости и парковой территории отрицательный, так как более 90 % это незастраиваемая территория парка.

5. С точки зрения законодательства в сфере сохранения объектов культурного наследия является Федеральным законом от 25.06.2002 N 73-

ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» установлен запрет на новое строительство. Что с одной стороны защищает объект то застройки, с другой приспособление весьма ограничено.

6. В части изучения феномена усадеб высшей знати на примере данной усадьбы можно выявить следующие проблемы: освоение исторической территории усадьбы, аварийное состояние объектов на территории и несмотря на освоение территории обширная территория усадьбы (рис. 5).

7. Транспортная доступность ограничена. Если в объекте воссоздавать просветительскую, развлекательную и общественную функцию, по сути восстановить историческое использование (например, устраивать тематические праздники), то невозможно организовать подъезд и остановку транспорта.

8. Обозначим перспективные направления решения выявленных проблем: ужесточение и конкретизация нормативно правовой базы в сфере объектов культурного наследия выявленного типа, направленное на сохранение и развитие объекта; полное и всестороннее составление

предметов охраны объекта с учетом градостроительной и нематериальной составляющей; использование специальной экономической программы для инвестора (например, аренда метр за рубль либо государственно частное партнерство).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козырева Е.А. Ближние усадьбы высшей знати как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга (на примере Екатерингофского парка) // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 1 (54). С. 5–1.
2. Козырева Е.А. Ближние усадьбы высшей знати, как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга, на примере усадьбы Бестужева-Рюмина на Каменном острове // «Вестник. «Зодчий. 21 век» информационно-аналитический журнал. Декабрь 2018. С. 48–53.
3. Козырева Е.А. Ближние усадьбы высшей знати Царскосельского уезда, как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга // Тенденции развития науки и образования. 2018. №41. С. 51–54.
4. Козырева Е. А. Ближние усадьбы высшей знати, как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга, на примере Дворцово-паркового ансамбля Знаменской дачи // Сборник научных трудов по материалам международной научной конференции «Global science. Development and novelty». Madrid. 2018. №7. Part 1. С. 71–75.
5. Козырева Е. А. Ближние усадьбы высшей знати, как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга, на примере дачи А.С. Строганова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 2 (2019). С. 47–66.
6. Глезер Е.Н. Дача Кушелева-Безбородко на Неве // Архитектурное наследство. Вып.15. М. 1963.
7. Пыляев М.И. Старый Петербург. Рассказы из былой жизни столицы. М.: Москва, Директ-Медиа, 2007. 817 с.
8. Исаченко В.Г., Лисаевич И.И. Петербург Баженова // Санкт-Петербургская панорама. 1993. №7. С. 36–39.
9. Пыляев М.И. Забытое прошлое окрестностей Петербурга. Л.: Лениздат, 1996. 670 с.
10. Георги И.Г. Описание российского – императорского столичного города Санкт-Петербурга и достопамятностей в окрестностях оного, с планом. СПб.: Лига, 1996. 527 с.
11. Зотов В.Р. Петербург в сороковых годах. // Исторический вестник. 1890. №1. с. 312.
12. Столпянский П.Н. Старый Петербург. СПб.: Изд-во А.С. Суворина, 1914. 27 с.
13. ЦГИА СПб. ф. 513, оп. 102, д. 3995.
14. ЦГИА СПб. ф. 513, оп. 102, д. 4455.
15. ЦГИА СПб. ф. 513, оп. 102, д. 2813, л. 1–5–7, 18–87, 88–97, 109–137, 138–140.
16. Антонов В.В., Кобак А.В. Святыни Санкт-Петербурга: энциклопедия христианских храмов. СПб.: Лики России : Фонд "Спас". 2010, 511 с.
17. Памятники архитектуры Санкт-Петербурга. Второе рождение. Санкт-Петербург: Профили, 2012. 375 с.
18. Ленинград [Текст]: Адресно-справочная книга: 1940. Ленинград: Изд-во Лениздат, 1940. 248 с.
19. Топонимическая энциклопедия Санкт-Петербурга: 10 000 гор. Имен. СПб.: Изд-во ЛИК, 2002. 803 с.
20. Рисунки Василия Садовникова: каталог коллекции. Санкт-Петербург: Гос. музей истории Санкт-Петербурга, 2017. 191 с.
21. Архитекторы-строители Санкт-Петербурга середины XIX-начала XX века: Справочник. СПб.: Пилигрим, 1996. 395 с.
22. Никитина А.Б. Архитектурное наследие Н.А. Львова. СПб: Изд-во Дмитрий Буланин, 2006. 529 с.
23. Семёнов С.А., Попов С.Г., Румянцева З.Р., Лапшин В.А. Археологическое исследование в излучине реки Невы // В сборнике: Бюллетень Института истории материальной культуры РАН (охранная археология) Соловьева Н.Ф. Институт истории материальной культуры Российской академии Наук. Санкт-Петербург. 2011. С. 193–220.

Информация об авторах

Козырева Екатерина Андреевна, аспирант кафедры архитектурного и градостроительного наследия. E-mail: ket007@mail.ru, Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4; начальник Управления зон охраны объектов культурного наследия Комитета по государственному контролю использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга, Россия, 191023, Санкт-Петербург, пл. Ломоносова д. 1.

Поступила в сентябре 2019 г.

© Козырева Е.А., 2019

Kozyreva E.A.

St. Petersburg State University of Architecture and Engineering
190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya, 4
E-mail: ket007@mail.ru

ISSUES OF ADAPTATION AND PRESERVATION OF NEIGHBORING ESTATES OF THE HIGHEST NOBILITY ON THE EXAMPLE OF THE KUSHELEV-BEZBORODKO MANSION

Abstract. The article deals with the phenomenon of neighboring estates of the highest nobility, as part of the historical city-forming aspect in the formation of St. Petersburg and its surroundings.

The adaptation of cultural heritage sites for modern usage is relevant and necessary measure. Analytical method of studying allows to reveal specific characteristics of such type of sites as "neighboring estates of the highest nobility". The main stages of construction and development of the territory of the Kushelev-Bezborodko mansion are considered as the example of the highest nobility estate. Talented outstanding architects created this object, and in the 19th century, works began on the development of its territory for a developing city. The object is assigned to the category of lost neighboring estates of the highest nobility, since the object has not been preserved in its original form.

The stages of development of the territory are analyzed and a historical and cultural key plan is made. The condition of preservation of the historical environment is studied and the specific characteristics of the site and the environment are analyzed. Ways to preserve the object and the environment are proposed. It is established that in order to preserve the heritage site, it is necessary to establish requirements for the building and development of the surrounding area.

Keywords: architecture monuments, heritage site, adaptation for modern usage, Kushelev-Bezborodko estate, historic environment, historical and cultural key plan, neighboring highest nobility estates.

REFERENCES

1. Kozyreva E.A. Neighborhood estates of the highest nobility as a phenomenon of the historical and urban planning life of St. Petersburg (on the example of the Yekaterinhof park) [Blizhnie usad'by vysshey znati kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga (na primere Ekateringofskogo parka)]. Bulletin of civil engineers. 2016. No. 1 (54). Pp. 5–1. (rus)
2. Kozyreva E.A. Neighborhood estates of the highest nobility, as a phenomenon of the historical and urban life of St. Petersburg, on the example of the estate of Bestuzhev-Ryumin on Kamenny Island [Blizhnie usad'by vysshey znati, kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga, na primere usad'by Bestuzheva-Ryumina na Kamennom ostrove]. «Bulletin. «Zodchiy. 21 century» Information and analytical journal. December' 2018. Pp. 48–53. (rus)
3. Kozyreva E. A. Neighborhood estates of the highest nobility of Tsarskoye Selo County, as a phenomenon of the historical and urban life of St. Petersburg [Blizhnie usad'by vysshey znati Carskosel'skogo uезда, kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga]. Tendencies of development of science and education. No. 2018. 41. Pp. 51–54. (rus)
4. Kozyreva E.A. Neighborhood estates of the highest nobility, as a phenomenon of the historical and urban development of St. Petersburg, using the example of the Palace and Park Ensemble of the Znamenskaya Dacha [Blizhnie usad'by vysshey znati, kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga, na primere Dvorcovo-parkovogo ansamblya Znamenskoy dachi]. Sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii «Global science. Development and novelty». Madrid. 2018. No. 7. Part 1. Pp. 71–75. (rus)
5. Kozyreva E.A. Neighborhood estates of the highest nobility, as a phenomenon of the historical and urban planning life of St. Petersburg, using the example of the estate A. S. Stroganov [Blizhnie usad'by vysshey znati, kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga, na primere dachi A.S. Stroganova]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2019. No. 2 (2019). Pp. 47–66. (rus)
6. Glezer E.N. Kusheleva-Bezborodko estate on the Neva river [Dacha Kusheleva-Bezborodko na Neve. Architecture heritage]. Edition. 15. Moscow. 1963. (rus)
7. Pylyayev M.I. Old St. Petersburg. Stories from the past life of the capital [Staryj Peterburg. Rasskazy iz byloy zhizni stolitsy]. Moscow, Direkt-Media, 2007. 817 Pp. (rus)
8. Isachenko V.G., Lisaevich I.I. Bazhenov's Peterburg [Peterburg Bazhenova]. St. Petersburg panorama. 1993. No. 7. Pp. 36–39. (rus)
9. Pylyayev M.I. The forgotten past of the surroundings of St. Petersburg [Zabytoe proshloe okrestnostej Peterburga]. L.: Lenizdat, 1996. 670 p. (rus)

10. Georgi I.G. Description of the Russian - imperial capital city of St. Petersburg and memorials in the vicinity thereof, with a plan [Opisanie rossijskogo – imperatorskogo stolichnogo goroda Sankt-Peterburga i dostopamyatnostej v okrestnostyah onogo, s planom]. St. Petersburg: League, 1996. 527 Pp. (rus)
11. Zotov V.R. Petersburg in the forties [Petersburg v sorokovyh godah]. Historical Bulletin. 1890. No. 1. Pp. 312 (rus)
12. Stolpyanskiy P.N. Old Peterburg [Staryj Peterburg.]. SPb.: Izd-vo A.S. Suvorina, 1914. 27 p. (rus)
13. Central State Historical Archive of St. Petersburg. f. 513, op. 102, d. 3995 (rus)
14. Central State Historical Archive of St. Petersburg. f. 513, op. 102, d. 4455 (rus)
15. Central State Historical Archive of St. Petersburg. f. 513, op. 102, d. 2813, l. 1-5-7, 18–87, 88–97, 109–137, 138–140. (rus)
16. Antonov V.V., Kobak A.V. Shrines of St. Petersburg: an encyclopedia of Christian churches [Svyatyni Sankt-Peterburga: enciklopediya hristianskih hramov]. SPb.: Faces of Russia: Fund "Spas". 2010, 511 p. (rus)
17. Monuments of architecture of St. Petersburg. Second birth [Pamyatniki arhitektury Sankt-Peterburga. Vtoroe rozhdenie]. St. Petersburg: Propylaea, 2012. 375 p. (rus)
18. Leningrad [Leningrad]: Adress-directory book: 1940. Leningrad: Lenizdat, 1940. 248 p. (rus)
19. Toponymic Encyclopedia of St. Petersburg [Toponimicheskaya enciklopediya Sankt-Peterburga]: 10,000 mountains. Names St. Petersburg: Publishing House of LIK, 2002. 803 p. (rus)
20. Risunki Vasiliya Sadovnikova: katalog kollekcii [Risunki Vasiliya Sadovnikova: katalog kollekcii]. Sankt-Peterburg: Gos. muzey istorii Sankt-Peterburga, 2017. 191 p. (rus)
21. Architects of Saint-Peterburg in the middle of XIX-beginning of XX century [Arhitektory-stroiteli Sankt-Peterburga serediny XIX-nachala XX veka:]: Guide book. SPb.: Pilgrim, 1996. 395 p. (rus)
22. Nikitina A.B. Architecture heritage N.A. L'vova [Arhitektory-stroiteli Sankt-Peterburga serediny XIX-nachala XX veka:]. SPb: Izd-vo Dmitriy Bulanin, 2006. 529 p. (rus)
23. Semenov S.A., Popov S.G., Rumyantseva Z.R., Lapshin V.A. Archaeological research in the bend of the Neva [Arheologicheskoe issledovanie v izluchine reki Nevy]. Bulletin of the Institute of the history of tangible heritage RAN (preservation archeology) Solov'eva N.F. Institut istorii material'noy kul'tury Rossiyskoy akademii Nauk. Sankt-Peterburg. 2011. Pp. 193–220. (rus)

Information about the authors

Kozyreva Ekaterina Andreevna, graduate student of Architecture heritage St. Petersburg State University of Architecture and Engineering, E-mail: ket007mail.ru, Russia, 190005, St. Petersburg, 2-ya Krasnoarmeyskaya, 4, Head of the department for the Protection of Cultural Heritage Sites of the Committee for State preservation of historical and cultural Monuments Petersburg, Russia, 191023, St. Petersburg, Lomonosov square, 1.

Received in September 2019

Для цитирования:

Козырева Е.А. Проблема приспособления и сохранения ближних усадеб высшей знати, на примере «дачи Кушелевых-Безбородко» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 56–64. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-56-64

For citation:

Kozyreva E.A. Issues of adaptation and preservation of neighboring estates of the highest nobility on the example of the Kushelev-Bezborodko Mansion. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 56–64. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-56-64

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-65-76

Колесникова Л.И., *Немцева Я.А.*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46***E-mail: yana.nemtseva.78@mail.ru*

ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ ОБЪЕКТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные исторические вехи от возникновения Курско-Харьковско-Азовской железной дороги, идущей от Курска через Белгород до станции Ростов, Харьковско-Балашовской железной дороги, проходившей через уездные города Валуйки и Бирюч Воронежской губернии, Елецко - Валуйской железной дороги, проходившей через города Старый Оскол и Новый Оскол, узловую станцию Валуйки Курской губернии, частной Белгород-Сумской железной дороги, проходившей через узловую станцию Готню до станции Басы Сумской области, Льгово-Харьковской линии Северо-Донецкой железной дороги, также проходившей через узловые станции Готня и Харьков. Впоследствии эти железные дороги, построенные на территории современной Белгородской области в период с XIX – начала XX веков, вошли в состав Юго-Восточной железной дороги. Исследованы сохранившиеся до наших дней здания железнодорожных вокзалов на узловых станциях, таких как: станция Белгород, станция Боткино, станция Нежеголь, станция Томаровка, станция Сумовская, станция Готня. Исследованы и проанализированы историко-архивные материалы об основных заказчиках и строителях Белгородских железнодорожных путей Юго-Восточного направления: учредители С.С. Полякове, князе Ф. Юсупове, учредителях М. Терещенко и П. Харитоненко, инженеров-путейщиков: В.С. Семичеве, М.А. Данилове, П. П. Солнцева, бароне К.Ф. фон Таубе, Ф.А. Дитмаре, П.М. Свешникове, инженере – путейщике И.А. Сумовском, изыскателях: В.А. Панаеве, Н.И. Антонове, В.Ф. Голубеве. Проанализированы архитектурно-стилистические особенности сохранившихся зданий вокзалов, их объемно-планировочные и объемно-пространственные решения. В соответствии с политикой Открытого акционерного общества "Российские железные дороги" по сохранению исторических вокзальных зданий и в рамках проведения историко-архитектурного, сравнительного и визуально-ландшафтного анализов определены пути дальнейшего исследования и разработок методов возможного сохранения исторических зданий железнодорожных вокзальных комплексов XIX – начала XX веков и их приспособления для современного использования.

Ключевые слова: железные дороги, пассажиры, подвижной состав, депо, вокзал, сторожевые будки, водонапорная башня.

Введение. История железных дорог в России начинается с 1830-х годов со строительством первой Царскосельской железной дороги, открытие которой состоялось в 1837 году. Активное формирование сети железных дорог Российской империи происходило во второй половине XIX века. Москва - Курская железная дорога была построена в 1866-1868 годах [1]. В начале 1868 года акционерным обществом Юго-Восточных железных дорог было дано разрешение на строительство частной Курско-Харьковско- Азовской железной дороги, которая должна была проходить через город Белгород, бывший в то время уездным городом Курской губернии. Учредителем при строительстве железной дороги был назначен Самуил Соломонович Поляков [2]. Строительство возглавлял В.С. Семичев, в изысканиях участвовали В.А. Панаев, Н.И. Антонов, В.Ф. Голубев и другие. В это время над архитектурой вокзалов работали выдающиеся зодчие: К. Тон, В. Шретер, Ф. Шехтель, А. Щусев, И. Рерберг, А. Штакеншнейдер, Н. Бенуа, и многие другие.

Вдоль транспортных путей создавались ансамбли из станционных, заставных домов, караульных помещений, бригадных домов и т.д. Однако строительство железных дорог потребовало совершенно иных масштабов застройки и номенклатуры оборудования. В архитектурном ансамбле железнодорожных комплексов формировались две группы зданий: для обслуживания пассажиров и для обслуживания подвижного состава. Первая группа зданий включала железнодорожные вокзалы, станции и грузопассажирские платформы, вторая – большую номенклатуру зданий и сооружений таких как: паровозное депо, мастерские, жилые дома железнодорожников, казармы для рабочих, сторожевые будки, водонапорные башни, а также технологическое оборудование: семафоры, колонки, багажные здания и т.д. Наличие такой обширной номенклатуры зданий и сооружений требовало применения новых инженерно-строительных приемов и рационализации архитектуры.

Основная часть. На территории современной Белгородской области бурное строительство сети железных дорог развернулось в конце XIX – начале XX веков [3].

1895 год стал годом строительства Харьковско-Балашовской железной дороги. Учредителем стало акционерное общество Юго-Восточных железных дорог. Харьковско-Балашовская железная дорога проходила через уездные города Валуйки и Бирюч, бывших в то время уездными городами Воронежской губернии.

1896 год стал годом строительства железнодорожной ветки Белгород-Волчанск Курско-Харьковско-Азовской железной дороги, ставшей к тому времени государственной.

В 1897 году акционерным обществом Юго-Восточных железных дорог была закончена строительство Елецко-Валуйской железной дороги, проходившей через города Старый Оскол и Новый Оскол Курской губернии до станции Валуйки. В результате строительства станция Валуйки стала узловой [4].

В 1901 году было завершено строительство частной Белгород-Сумской железной дороги, для

обслуживания которой в Белгороде была сооружена станция Белгород-Сумской [5].

1 января 1907 года были образованы «Южные казённые железные дороги» в результате слияния Курско-Харьковско-Азовской и Харьковско-Николаевской железных дорог [6].

В 1911 году было завершено строительство линии Льгов-Харьков Северо-Донецкой железной дороги, соединявшейся с Белгород-Сумской железной дорогой на станции Готня.

Юго-Восточные железные дороги – частные железные дороги, построенные в период с 1862 по 1900 год, принадлежали акционерному обществу Юго-Восточных железных дорог, созданному в 1893 году [7]. В состав акционерного общества вошли Грязе-Царицынская и Козлово-Воронежская железные дороги [8]. Дороги проходили по землям Орловской, Воронежской, Тамбовской, Тульской, Курской и Саратовской губерний, а также по области Войска Донского. Акционерами общества были близкие к правительству крупные промышленники. Управление дороги акционерного общества располагалось в Воронеже, а правление находилось в Петербурге [9].



Рис. 1. Карта железных дорог Белгородской области.

Особое внимание стоит уделить строителям железной дороги на территории Белгородской области. Большой вклад в развитие железной дороги внес купец, концессионер и строитель железных дорог в Российской империи, благотворитель Самуил Поляков.

После отмены крепостного права в России во второй половине XIX века появляется группа успешных предпринимателей-выходцев из простого народа, заложивших основу экономического возрождения страны. Среди новых предпринимателей были и братья Поляковы – дети

торговца из мелкого еврейского местечка Дубровна Витебской области, но больший успех имел средний брат – Самуил Поляков [10].

Начав свою карьеру управляющим винокуренным заводом в имении министра почт и телеграфа графа И.М. Толстого, он впоследствии стал управляющим почтовыми станциями в том же имении, начал организовывать подряды на сооружение железных и шоссейных дорог, водопроводов и на прочие стройки. В 1865–1866 гг. Самуил Поляков благодаря покровительству

графа И.М. Толстого (министра почт и телеграфов) взял ряд субподрядов на строительство Рязанско-Козловской железной дороги, основным концессионером которой был Карл Федорович фон Мекк – один из двух главных строителей железных дорог [11].

В 1866 г. Самуил Поляков получил подряд на продолжение строительства той же дороги до Воронежа. В тот же год Полякову удалось познакомиться с Павлом Мельниковым, который был тогда министром путей сообщения. Мельников побывал в США и ознакомился там с американской концепцией ускоренного железнодорожного строительства, адаптацией которой на территории России и стал заниматься Поляков.

Главным преимуществом молодого бизнесмена, которому на тот момент исполнилось всего 30 лет, был высочайший уровень организации работ. Поляков стал первопроходцем во внедрении системы just-in-time (точно в срок) на территории Российской Империи, он едва ли не первым пришел к идее децентрализации управления и ответственности. Каждый субподрядчик Самуила Полякова получал конкретный участок работы и должен был точно в определенное время поставить требуемые материалы в нужное место и в нужный срок или обеспечить выполнение иной стоящей перед ним задачи. Управлением работы всей сети поставщиков и подрядчиков занимался лично Поляков. Дорога была построена, причем досрочно.

1 марта 1868 года С.С. Поляков, ставший советником по коммерции, получил от правительства разрешение на создание акционерного общества под строительство Курско-Харьковско-Азовской железной дороги. Под это строительство ему была выдана концессия на 85 лет. 23 декабря 1869 года (5 января 1870 года) на участках Харьков-Славянск-Таганрог в торжественной обстановке с молебнами и оркестрами состоялось открытие движения. Построенная всего за 20 месяцев Курско-Харьковско-Азовская железная дорога была довольно крупной по масштабам того времени.

С С.С. Поляковым работали такие ведущие инженеры как: Ф.А. Дитмар, М.А. Данилов, П.П. Солнцев, П. М. Свешников, барон К. Ф. фон Таубе и другие. Щедро оплачивая труд своих сотрудников, Поляков хорошо понимал, что поощрять надо как специалистов высокой квалификации, так и рабочих. В его бригаде рабочие делали карьерный рост, дорастая даже до инженеров [12]. В дальнейшем Поляков взялся за подготовку профессиональных железнодорожников, профинансировав в 1867 году в г. Елец создание первого в России железнодорожного технического училища, в котором готовили машинистов,

дорожных мастеров и телеграфистов для всей сети российских железных дорог [13]. В этот проект Поляков вложил значительную часть собственных средств. Позже он основал в том же Ельце женское ремесленное училище, классическую мужскую гимназию.

Огромный авторитет Самуила Полякова как организатора и строителя позволил ему в 1870 году получить в управление несколько «казенных» железных дорог, построенных за счет государства. По темпам прокладки путей никто в России, а может и во всей Европе не мог сравниться с «поляковцами». Сделанный во время строительства Ростовской магистрали рекорд был побит только в 1943 году во время Курской битвы, когда за 32 дня была построена 100-километровая железная дорога от Старого Оскола до Саратова. Заслуги Самуила Полякова для правительства и государства в целом были очевидны и бесспорны. Венцом его карьеры стало скоростное строительство во время Русско-турецкой войны 1877–1878 гг. двух железнодорожных веток (Бендеро-Галацкой и Фратешты-Зимницкой).

За свою жизнь Самуил Поляков построил девять крупных железных дорог общей длиной более 4 тыс. км, стал владельцем нескольких частных железнодорожных сетей, в том числе: Курско-Харьковско-Азовской, Козловско-Воронежско-Ростовской, Царскосельской, Оренбургской, Фастовской и др. Владея на то время огромным состоянием, оценивавшимся более чем в 30 млн. руб., Полякова окрестили железнодорожным королем, сравнивая его с американским миллиардером Вандербильтсом [14].

В 1869 году станция «Белгород» была введена в эксплуатацию в составе «Курско-Харьковско-Азовской» железной дороги. В 1870 году завершилось строительство здания железнодорожного вокзала. В 1896 году была открыта железнодорожная ветка «Белгород-Волчанск», в результате станция стала узловой.

В 1904 году Белгород посетил Император Николай II.

Московско-Курско-Харьковская линия Южных железных дорог в конце XIX века считалась наиболее оживленной в пассажирском движении [15]. Причинами этого было выселение малоземельных крестьян в Крым, на Кавказ, на Волгу и в Сибирь. Подобно потоку реки пассажиропоток переселенцев заполнял вокзальные платформы для пассажиров 4-го класса, перехлестывая через край на привокзальную площадь в конце весны и лета.

Превращение станции в крупный железнодорожный узел повлекло за собой значительный рост городского населения Белгорода, которое в

свою очередь было связано с оживлением торговли и промышленности. Перепись 1897 года констатировала увеличение населения города до 22 тысяч человек. Появилась необходимость расширения вместимости пассажирского железнодорожного вокзала, отвечающего требованиям времени.

Переустройство вокзала включало пристройки одноэтажных крыльев к северному и южному фасадам. До 1908 года левое и правое крыло вокзала состояли из трех одинаковых пролетов, а в 1911 году насчитывали уже по шесть пролетов. В крыльях были размещены залы для пассажиров и вокзальная инфраструктура, включавшая буфет, книжный киоск, почтово-телеграфное отделение, дамскую уборную и приемный покой дежурного врача. Новый вокзал обслуживал пассажиров четырех направлений: харьковского, курского, волчанского (купянского) и сумского.

Объемно-планировочная композиция прямоугольного в плане здания представлена одноэтажными - северным и южным крыльями, примыкающими к центральному двухэтажному объему в три композиционных оси. Вход для пассажиров в вокзал был организован с привокзальной площади, на оси входа устроен выход на перрон. Вход со стороны привокзальной площади был акцентирован далеко вынесенным большим по площади балконом, который выполнял также функцию козырька над входом и дугообразным подъездом к нему. Балкон опирался на четыре фигурных столба. На фасаде со стороны перрона по центральной композиционной оси на втором этаже был расположен большой балкон, поддерживаемый каменными кронштейнами. Ограждение балконов было выполнено из чугунных ажурных раппортов.

Архитектурный декор здания был характерен для эпохи эклектики второй половины XIX века: фасады прорезаны лучковыми окнами с рамочным обрамлением, углы и простенки здания оформлены рустованными пилястрами, фасады восточный и западный были завершены плоским фризом, ограниченным снизу полочкой, сверху профилированным карнизом, восточный и западный фасады центрального двухэтажного объема здания были завершены фигурными аттиками. Крыша по периметру здания была ограждена узкими кирпичными столбиками, углы в ограждении крыши акцентированы массивными каменными столбами. Северный и южный фасады здания были декорированы треугольными щипцами со сложным декоративным оформлением, характерным для «кирпичного» стиля. Форма крыши дает основание предположить, что все залы были перекрыты сводами.

После гражданской войны здание вокзала было одним из немногих, уцелевших после окончания боевых действий. В годы Великой Отечественной войны здание вокзала было сильно разрушено. Инфраструктура станции была полностью восстановлена в послевоенные годы. Новое здание вокзала было выстроено в 1949 году. В связи с увеличением пассажиропотоков в конце 70-х годов XX века было начато строительство нового вокзального здания [16].



Рис. 2. Здание железнодорожного вокзала в Белгороде до реконструкции. Западный фасад. Архивное фото 1908 г.



Рис. 3. Здание железнодорожного вокзала в Белгороде после реконструкции. Восточный фасад. Архивное фото 1911 г.



Рис. 4. Здание железнодорожного вокзала в Белгороде, построенное в 1949 г. Восточный фасад. Архивное фото 1950 г.



Рис. 5. Новое здание железнодорожного вокзала в Белгороде. Западный фасад. Архивное фото 1980 г.

Юго-Восточная железная дорога, прошедшая в 1893 г. через Купянск и Пензу, связала юг России с Рязано-Уральской железной дорогой. При содействии сахарозаводчиков Ребиндера и Боткина акционерным обществом Юго-Восточной железной дороги в 1896 году было закончено строительство железнодорожной линии от станции Белгород до станции Купянск, на которой был построен комплекс зданий пассажирской станции Нежеголь, от нее были сделаны подъездные железнодорожные пути к товарной станции Боткино в Новой Таволжанке и к товарной станции Ребиндеров в слободе Шебекино.

Село Новая Таволжанка, принадлежало роду Боткиных с 1882 г. В начале XIX века хозяином этих мест стал надворный советник С.Г. Жуковский, который продал свеклосахарный завод и имение в полуразрушенном состоянии владельцам торговой фирмы «Петра Боткина сыновья» [17]. Через несколько лет после покупки завода и образования «Товарищества Новотаволжанского свеклосахарного завода» Боткиными была проведена полная модернизация производства. Была создана селекционная лаборатория, организовано молочное хозяйство, конезавод, построена пасека, высажены сосны.

В 1890 году на сахарном заводе Боткиных в Новой Таволжанке и сахарном заводе Ребиндеров в сл. Шебекино было произведено продукции на 1 миллион 575 тысяч рублей [18]. Такие значительные объемы производства требовали скорейшего решения транспортного вопроса для вывоза продукции.

Здание товарной железнодорожной станции Боткино находится около одного из двух кирпичных складов, подъездные тупиковые железнодорожные пути товарной станции Боткино расположены к юго-востоку и юго-западу от этих кирпичных складов. Они включают в себя две сортировочные горки для формирования поездов. В настоящее время здание товарной железнодорожной станции не используется.

Здание товарной железнодорожной станции Боткино, построенное в эпоху эклектики, является одним из композиционных элементов в фоновой застройке историко-культурного комплекса Боткиных в селе Новая Таволжанка.

Пассажирское здание на станции Нежеголь – одноэтажное, прямоугольное в плане, кирпичное. Находится в центральной части перрона, протяженным фасадом обращено в сторону железнодорожных путей. Главный вход в здание расположен в центре фасада, обрамлен арочным порталом. Композиционная ось главного входа завершена треугольным полуфронтоном. Среди первоначальных элементов – ритмично расположены лопатки над каменным цоколем. Фасады были поновлены в конце XX века. К поновлениям относятся: многоцветный декор и со стороны бокового фасада – односкатный зонт над входом, а также оконные решетки в виде концентрических вертикальных ромбов. Кровля – вальмовая, кровельное железо заменено на шифер. Полностью сохранились первоначальные столярные заполнения оконных и дверных проемов.

Пассажирское здание, построенное в духе стилизаторской эклектики, является главным композиционным элементом в застройке железнодорожного комплекса станции Нежеголь.



Рис. 6. Вокзал на станции Нежеголь

1 января 1907 года произошло слияние Харьковско-Николаевской и Курско-Харьковско-Азовской железных дорог, в результате которого были образованы «Южные казённые железные дороги».

В 1907 г. образовалось Русско-Бельгийское акционерное общество по строительству железной дороги от станции Льгов до станции Лихая. В 1911 году была построена железнодорожная линия Льгов-Харьков Северо-Донецкой железной дороги, которая соединяла частную Белгород-Сумскую железную дорогу на станции Готня, которая на месте скрещения этих двух дорог стала узловой [19]. На отрезке железной дороги от станции Готня до станции Нежеголь со-

хранились железнодорожные комплексы и вокзалы в первоначальном виде. Среди них выделяются своим архитектурным решением вокзальные здания в Томаровке, Сумовке и в Готне.

Название поселения Томаровка по одной легенде обязано грузинской царице Тамаре, по другой – дочери местного воеводы, по официальной версии – основателям села – братьям Борису и Василию Томаровым. В XVIII веке село Томаровка было крупным торговым центром. В середине XIX века в Томаровке были широко развиты ремесла и промыслы: кожевенный, киоточный, столярное ремесло, бондарный, кузнечный и др. В те времена в Томаровке ежегодно проводилось пять ярмарок, проходили еженедельные базары.

Железнодорожная станция Томаровка была введена в эксплуатацию в 1903 г. в составе действующей с 1901 г. частной Белгород – Сумской железной дороги, построенной по инициативе и на средства акционерного общества, организованного в 1896 г. В него входили владельцы крупнейших заводов края: князь Ф. Юсупов, сахарозаводчики М. Терещенко и П. Харитоненко. Руководил строительными работами с 1898 по 1901 гг. инженер - путейщик И.А. Сумовский, один из директоров правления общества Белгород – Сумской железной дороги.

Вокзал на станции Томаровка, построенный ориентировочно в период между 1903 по 1911 гг. для обслуживания пассажиров, представляет собой интересный образец, выполненный в кирпичном стиле.

Здание вокзала двухэтажное, каменное. Выглядит очень живописно благодаря подчеркнuto симметричной композиции и богатому фасадному декору. Композиция фасадов – главного и заднего (ориентированного на железнодорожную платформу), в десять осей. На каждом фасаде по три ризалита. Центральный и боковые ризалиты в две оси. Ризалиты увенчаны высокими щипцами с крутыми двускатными крышами. Участки фасадов между ризалитами имеют по три оси.

Основной мотив декора - плоские горизонтальные тяги в верхней и нижней частях каждого этажа, междуэтажный пояс, сдвоенные пилястры и зубчатый руст, украшающий щипцы, обрамления проемов и завершение фасадов. Оконные проемы на первом этаже – имеют слабо выраженную лучковую форму и рельефные клинчатые перемычки с замковыми камнями, на втором этаже – в ризалитах арочные с клинчатыми перемычками, имитирующими готические арки, между ризалитами окна такие же, как на первом этаже.

Завершены фасады фризом с зубцами и профилированным карнизом. Входов в здание несколько: со стороны главного фасада (четвертая

ось справа) и со стороны заднего фасада - два входа, а также по входу в боковых фасадах.

Центральные оси боковых фасадов отмечены выдвинутыми объемами лестничных клеток (ризалитами), прорезанными арочными окнами и дверными проемами с остекленными фрамугами. Фасады оштукатурены и покрашены: стены в фисташковый цвет, детали в белый цвет. Крыши двускатные, покрыты шифером.

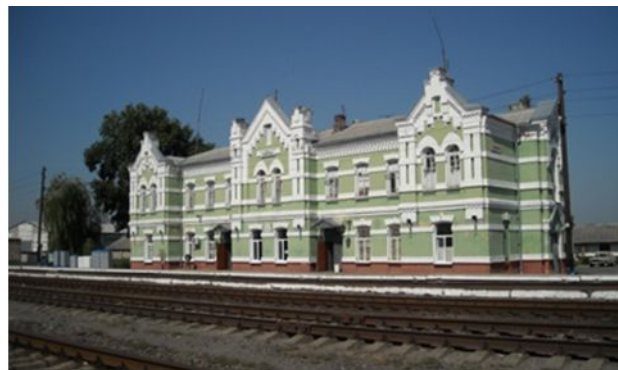


Рис. 7. Здание вокзала ст. Томаровка

Станция Сумовская была введена в эксплуатацию в 1903 г. в составе действующей с 1901 г. частной Белгород-Сумской железной дороги. Вокзал на станции Сумовская, построенный для обслуживания пассажиров, представляет собой образец, построенный в эпоху эклектики в «кирпичном» стиле.

Здание вокзала двухэтажное, каменное. Композиция главного и заднего (ориентированного на перрон) фасадов – асимметрична, так как плоские ризалиты в одну ось, композиционно акцентирующие вход в вокзал со стороны главного фасада (заложенный в процессе эксплуатации) и выход на перрон, расположены в крайних осях фасадов: на главном фасаде – четвертая ось слева, на заднем – вторая ось справа.

Поле стен прорезано в мерном ритме одинаковыми прямоугольными окнами, обрамленными в верхней части клинчатыми перемычками с рельефными замками и серьгами. По всему периметру под окнами построен сложный профилированный карниз. На фасаде этажи разделены декоративным междуэтажным поясом, поле которого украшено подоконными нишами. Фасады здания завершены фризом, декорированным зубчиками и ширинками, и плоским карнизом. Ризалиты завершены высокими треугольной формы щипцами, украшенными зубчатыми краями по наклонным направляющим. Композиционная вертикаль ризалитов оформлена снизу-вверх: дверными проемами, междуэтажными поясами одноосными оконными проемами, прямоугольными накладками и круглыми окнами в щипцах. На боковом (правом) фасаде центр, выделенный плоским ризалитом с тамбуром входа и высоким

арочным окном лестничной клетки, обрамленным архивольтом, завершен прямоугольным аттиком, украшенным зубчиками, нишей и накладками. Углы здания оформлены огибающими пилястрами. Входов в здание два: со стороны перрона (вторая ось справа) и со стороны бокового

фасада. Первоначальная пространственно-планировочная структура частично изменена. Современная планировка первого этажа – коридорно-зальная. На этом этаже расположены все технические службы, зал ожидания для пассажиров и служебные квартиры. На втором этаже с отдельным входом с торца здания – жилые помещения.



а)

б)

Рис. 8. Здание вокзала ст. Сумовская:
а) северный фасад, б) южный фасад со стороны железнодорожных путей

Станция Готня была введена в эксплуатацию в 1903 г. в составе действующей с 1901 г. частной Белгород-Сумской железной дороги. Название станции является обобщенным от близлежащих сел: Николаевская Готня и Введенская Готня, жители которых участвовали в строительстве дороги и самой станции. В 1910 году кроме здания вокзала были построены: водонапорная башня, паровозное депо, контора и мастерские службы пути, баня, бригадный дом, больница, пять двухэтажных и два одноэтажных жилых домов. В 1913 году завершено строительство трехэтажного жилого дома. В 1914 году построена трехклассная школа, в которую принимали только детей железнодорожников. Часть школы была отведена под церковь.

Торжественное открытие железнодорожной станции Готня состоялось в 1911 году. В 1924-1925 годах станция Готня, входившая в Борисовский уезд Ракитянской волости, имела 916 человек населения. С южной стороны станции после революции возникает поселок Раздолье, который с 1933 после интенсивного строительства жилых домов вокруг станции переименовывается в поселок городского типа Покровский. С 1938 года поселок Покровский переименовывается в поселок Пролетарский со статусом поселка городского типа.

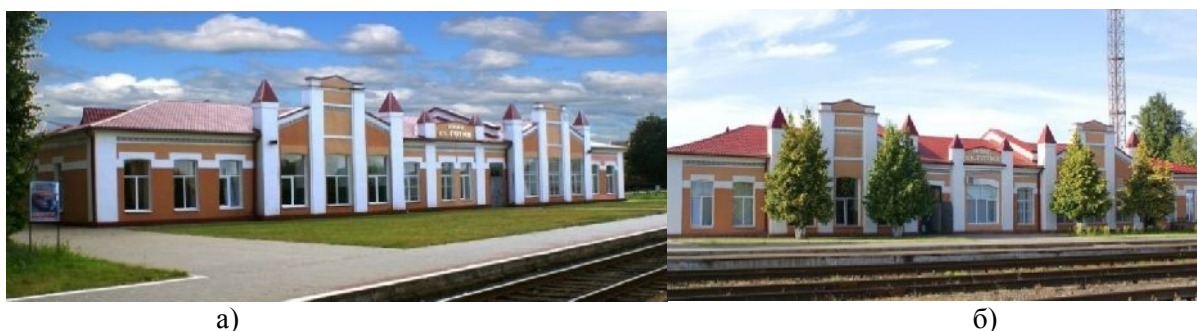
До нашего времени сохранился практически весь комплекс сооружений Готнянской железной дороги в первоначальном виде.



Рис. 9. Здание вокзала ст. Готня. Архивное фото 1911 г. Вид южного фасада



Рис. 10. Здание вокзала ст. Готня до реставрации. Вид северного фасада

Рис. 11. Здание вокзала ст. Готня. Современное состояние после реставрации 2003 г:
а) северный фасад, б) южный фасад

Здание вокзала одноэтажное, каменное, в плане - прямоугольное. Внутри здания располагаются: зал ожидания, кассы, туалет, комната для работников станции и буфет.

Вокзал станции Готня имеет островное расположение относительно железнодорожных путей и перронов: южный фасад здания выходит на линию Белгород-Сумовского направления, северный фасад - на Льговско-Харьковские направления.

Архитектура вокзала – типичный пример кирпичного стиля эпохи эклектики, сформировавшейся в России во второй половине XIX. Так как вокзалы в это время считались важными общественными сооружениями, использовавшимися помимо основного назначения для проведения различных городских мероприятий (встреч именитых гостей, проведения концертов и т.д.), архитекторы на стадии проектирования позволяли себе смешение классических и средневековых мотивов с элементами русского зодчества. Фасады, выполненные лицевой кладкой из разных видов лекального кирпича, радовали глаз декоративными фронтонами, аттиками, наличниками окон, прихотливой композицией оформления. Вокзал станции Готня не стал исключением. Одноэтажное здание вокзала вытянуто по продольной оси, имеет 15 световых осей, симметричные фасады акцентированы тремя неглубокими ризалитами. Центральный ризалит на северном

фасаде в одну композиционную ось, на южном фасаде – в две оси, ризалиты фланкированы пилястрами, завершенными массивными столбиками и простым аттиком. Центральные ризалиты по высоте ниже крайних ризалитов. Центральный ризалит на северном фасаде прорезан крупным окном с лучковой перемычкой. Боковые ризалиты в три световые оси, оформлены высокими пилястрами. Центральная ось завершена аттиком сложной формы, крайние пилястры завершены столбиками.

В первоначальном виде фасады здания вокзала были не оштукатурены, выполнены в «кирпичном» стиле из обожженного кирпича с полихромным покрытием. Во время военных действий на территории п.г.т. Пролетарский здание вокзала пострадало, были взорваны ж.д. пути и перроны. После освобождения территории от фашистских захватчиков железнодорожный вокзальный комплекс привели в порядок. Первоначальный вид фасадов был изменен: плоскости стен оштукатурены, покрашены и декорированы многоцветной мозаикой.

Реставрация 2003 года более кардинально изменила первоначальный вид фасадов: многие элементы декора были изменены или утрачены, добавлены новые элементы, искажившие первоначальный облик здания.

В 1918 годах все частные железные дороги, в том числе на территории Белгородской области, согласно декрету Советского правительства, были объявлены собственностью Советской Республики, национализированы и переданы в ведение Народного комиссариата путей сообщения.

Вывод. Анализ формирования объемно-планировочных, архитектурных и функциональных решений рассмотренных зданий вокзалов дает возможность утверждать, что рациональность «кирпичного стиля» в архитектуре вокзалов на территории Белгородского региона во многом была определена стратегическим направлением строительства железных дорог в России, в связи с чем появилось большое количество кирпичных заводов, выпускавших как полнотелый, так и легальный красный кирпич. Именно в это время тектоника кирпичных стеновых конструкций предстает в качестве основы стилеобразования, а естественная пластика и, фактура и цвет кирпича становятся ведущими средствами художественной выразительности [20]. Дальнейшие исследования в области стилеобразования архитектуры зданий железнодорожных вокзальных комплексов и этапов железнодорожного строительства будут способствовать выявлению закономерностей или случайностей совпадения различных по своему содержанию и структуре процессов. Можно сказать, что архитектурные и объемно-планировочные решения вокзальных зданий малых и средних городов подчинены единому архитектурному замыслу отдельной железной дороги или ее района, подчеркивая единый архитектурный ансамбль всех сооружений данной дороги или ее участка. В решении вопросов создания архитектурных комплексов железных дорог и формирования единого архитектурного пространства привокзальных площадей необходимо отметить российских специалистов, внесших особый вклад в общий контекст мирового железнодорожного строительства 1830 – 1910-х гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия. Гл. ред. Н. С. Конарев. М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. 559 с.
2. Курско-Харьковско-Азовская железная дорога // Энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890–1907. С. 101–103.
3. Белгородская энциклопедия: Страницы истории Отечества, Русской Православной церкви, культуры, ратных и трудовых подвигов белгородцев. Гл. ред. В. В. Овчинников. Белгород, 1999. 48 с.
4. История Юго-Восточной железной дороги. ЮВЖД. [Электронный ресурс]. URL: <http://poezdnon.ru/zheleznaya-doroga/istoriya-rzhd/ugo-vostochnaya-zheleznaya-doroga.html>. (Дата обращения 24.09.2019).
5. Белгород-Сумская железная дорога // Энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890–1907. С. 345.
6. Кульжинский С.Н. Очерки хозяйства Юго-Восточных дорог. Воронеж: Изд-во Печатня С.П. Яковлева, 1908. 39 с.
7. Мухина Н.Е., Душкова Н.А. Из истории строительства Юго-Восточной железной дороги (к 140-летию создания ЮВЖД) // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2, №2. С. 31–34.
8. Хроника развития ЮВЖД. портал «Харьков Транспортный». Краткая история Северо-Донецкой железной дороги. [Электронный ресурс]. URL: <http://gortransport.kharkov.ua/railway/chronicle/page10.html>. (Дата обращения 24.09.2019).
9. История железнодорожного транспорта в России. Т.1. 1836–1917 / под общ.ред. Е. Я. Красковского, М. М. Уздина. СПб. М.: АО "Иван Федоров", 1994. 336 с.
10. Гулидова Ю.И. Железнодорожная революция в России во второй половине XIX – начале XX в. // Экономический журнал. 2011. № 2. С. 135–142.
11. Гавлин М.Л. Династия "железнодорожных королей" фон Мекк // Экономическая история. Обзорение. Под ред. Л.И. Бородинки. Вып. 7. М., 2001. С. 133–152.
12. Поляков, Самуил Соломонович // Еврейская энциклопедия Брокгауза и Эфрона. СПб., 1908–1913. 734 с.
13. Тихонова Н.Е. ЮВЖД – 140 лет: истоки развития // Гуманитарные и культурно-исторические аспекты развития российского общества. Сборник научных трудов. Воронеж. 2005. Вып. I. С. 22–25.
14. Мухина Н.Е., Душкова Н.А. Вклад С.С. Полякова в создание сети железных дорог в Воронежской губернии в пореформенный период // Седьмые межрегиональные научные чтения по актуальным проблемам социальной истории и социальной работы. Тезисы докладов и сообщений. Новочеркасск, Ростов на Дону. 2006. 25 с.
15. Романенко Ю.И., Харенко М.П. Взгляд через годы. Южная железная дорога за 130 лет. Харьков: Изд-во Прапор, 1999. 288 с.
16. Зиновьев Д. История электрификации железных дорог СССР. 1959–1960. Паровоз ИС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.parovoz.com/history/electrification/1959-60.php>. (Дата обращения 24.09.2019).
17. Ильин С.В. Боткина Петра сыновья: Энциклопедия «Москва». 1997.

18. Вклад А. Ребиндера и братьев Боткиных в социально-экономическое развитие Шебекинской волости Белгородского уезда Курской губернии на рубеже XIX – XX вв. Проблема сохранения исторических памятников [Электронный ресурс]. URL: <https://belstory.ru/goroda/shebekino/vklad-a-rebindera-i-bratyev-botkinh-v-sotsialno-konomitcheskoe-razvitie-shebekinskoy-volosti-belgorodskogo-uezda-kurskoy-gubernii-na-rubezhexix-hh-vv-problema-sohraneniya-istoricheskikh-pa-2.html> (Дата обращения 24.09.2019)

19. Ожегов С.С. Типовое повторное строительство в России в XVIII-XIX веках. М.: Стройиздат. 1984. 167 с.

20. Абдримова М.М. Вокзалы ждёт эпоха Ренессанса // Гудок. №171 (26780). 2019. 1 с.

Информация об авторах

Колесникова Людмила Ильинична, профессор, кафедра архитектуры и градостроительства. E-mail: arh.lik@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Немцева Яна Анатольевна, ассистент кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: yana.nemtseva.78@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в октябре 2019 г.

© Колесникова Л.И., Немцева Я.А., 2019

Kolesnikova L.I., *Nemtseva Y.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Russia, 308012, Belgorod, Kostukova st., 46

**E-mail: yana.nemtseva.78@mail.ru*

HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE OF OBJECTS OF THE SOUTH-EASTERN RAILWAY IN THE BELGOROD REGION

Abstract. The article considers the main historical milestones in the development of the Kursk-Kharkov-Azov railway, going from Kursk through Belgorod to the Rostov station, the Kharkov-Balashov railway passing through the district towns of Valuyki and Biryuch, Voronezh province, and the Yelets-Valuysky railway passing through the cities of Stary Oskol and Novy Oskol, the junction station of Valuyki, Kursk province, private Belgorod - Sumy railway, passing through the nodes of the Gotnyu station to Basy station in the Sumy region, Lgovo - Kharkov line north- Donetsk Railway, also passes through the nodal Gotnya station and Kharkov. Subsequently, these railways, built on the territory of modern Belgorod region in the period from the 19th to the beginning of the 20th centuries, became part of the Southeast Railway. The old historical buildings that have survived to this day on railway stations are explored at the junction stations, such as: Belgorod station, Botkino station, Nezhegol station, Tomarovka station, Sumovskaya station, Gotnya station. Historical and archival materials about the main customers and builders of the Belgorod railways of the South-East direction are studied and analyzed: founder S.S. Polyakov, Prince F. Yusupov, founders M. Tereshchenko and P. Kharitononko, railway engineers: V.S. Semicheva, M.A. Danilove, P.P. Solntsevo, Baron K.F. von Taube, F.A. Ditmar, P.M. Sveshnikov, engineer – tracker I.A. Sumovsky, prospectors: V. A. Panaev, N.I. Antonov, V.F. Golubev. The architectural and stylistic features of the preserved buildings of the station, their space-planning and space-spatial solutions are analyzed.

In accordance with the Company policy of the Joint Stock Company «Russian Railways» for the preservation of historical station buildings and within the framework of historical, architectural, comparative and visual landscape analyzes, the ways of further research and development of methods for the possible conservation of historical buildings of railway station complexes of the 19th - early 20th centuries and their adaptations for modern use are defined

Keywords: railways, passengers, rolling stock, depot, railway station, guard booths, water tower.

REFERENCES

1. Railway transport: encyclopedia. [Zheleznodorozhnyj transport: Enciklopediya]. Ch. ed. N.S. Konarev. Moscow: Big Russian encyclopedia, 1994. 559 p. (rus)

2. Kursk-Kharkov-Azov Railway [Kursko-Har'kovsko-Azovskaya zheleznaya doroga]. Enciklopedicheskij slovar' Brokgauza i Efrona: v 86 t. (82 t. i 4 dop.). St. Petersburg, 1890-1907. Pp.101–103. (rus)

3. Belgorod encyclopedia: Pages of the history of the Fatherland, the Russian Orthodox Church, culture, military and labor feats of Belgorod. [Belgorodskaya enciklopediya: Stranicy istorii Otechestva, Russkoj Pravoslavno jcerkvi, kul'tury, ratnyhi trudovyh podvigov belgorodcev]. CH. ed. V.V. Ovchinnikov. Belgorod, 1999. 48 p. (rus)
4. History of the Southeast Railway. [Istoriya Yugo-Vostochnoj zheleznoj dorogi. YUVZHD]. URL: <http://poezdron.ru/zheleznaya-doroga/istoriya-rzhd/ugo-vostochnaya-zheleznaya-doroga.html>. (date of treatment 24 .09. 2019). (rus)
5. Belgorod-Sumy railway. [Belgorod-Sumskaya zheleznaya doroga]. Enciklopedicheskij slovar' Brokgauza i Efrona: v 86 t. (82 t. i 4 dop.). St. Petersburg, 1890–1907. 345 p. (rus)
6. Kulzhinsky S.N. Essays of economy of South-Eastern roads. [Ocherki hozyajstva Yugo-Vostochnykh dorog]. Voronezh: publishing house of Printing house of Yakovlev S. P., 1908. 39 p. (rus)
7. Mukhina N. E., Dushkova N. A. From the history of construction of South - East railway [Iz istorii stroitel'stva Yugo-Vostochnoj zheleznoj dorogi (k 140-letiyu sozdaniya UVZHD)]. Bulletin of Voronezh state technical university. 2006. Vol. 2, No. 2. Pp. 31–34. (rus)
8. Chronicle of the development of the Southeast Railway. The portal "Kharkov Transport". A brief history of the North Donetsk railway. [Hronika razvitiya YUZHD. portal «Har'kovTransportnyj». Kratkaya istoriya Severo-Donckoj zheleznoj dorogi]. URL: <http://gortransport.kharkov.ua/railway/chronicle/page10.html>. (date of treatment 24 .09. 2019). (rus)
9. History of railway transport in Russia. Vol. 1. 1836-1917. [Istoriya zheleznodorozhnogo transporta v Rossii. T.1. 1836-1917]. Ed. E. Y. Kraskovsky, M. M. Uzdin. St. Petersburg- Moscow: JSC "Ivan Fedorov", 1994. 336 p. (rus)
10. Gulidova Y. I. Railway revolution in Russia in the second half of the XIX-early XX century. [Zheleznodorozhnaya revolyuciya v Rossii vo vtoroj polovine XIX – nachale XXv.]. Ekonomicheskij zhurnal. 2011. No. 2. Pp. 135–142. (rus)
11. Gavlin M.L. Dynasty "railway kings" von Meck. [Dinastiya "zheleznodorozhnykh korolej" fon Mek]. Ekonomicheskaya istoriya. Obozrenie .Ed. L. I. Borodkin. Vol. 7. Moscow, 2001. Pp. 133–152. (rus)
12. Polyakov, Samuel Solomonovich. [Polyakov, Samuil Solomonovich]. Jewish Encyclopedia of Brockhaus and Ephron. SPb., 1908–1913. 734 p. (rus)
13. Tikhonova N.E. South - Eastern railway - 140 years: the origins of development. [UVZHD – 140 let: istoki razvitiya]. Gumanitarnye kul'turno - istoricheskie aspekty razvitiya rossijskogo obshchestva. Sbornik nauchnykh trudov. Voronezh. 2005. Vol. I. Pp. 22–25. (rus)
14. Mukhina N.E., Dushkova N.A. Contribution of S. S. Polyakov to the creation of the railway network in the Voronezh province in the post-reform period. [Vklad S.S. Polyakova v sozdanie seti zheleznykh dorog v Voronezhskoj gubernii v poreformennyj period]. Sed'myemez regional'nye nauchnye chteniya po aktual'nym problemam social'noj istorii i social'noj raboty. Tezisy dokladov i soobshchenij. Novocherkassk, Rostov on don. 2006. 25 p. (rus)
15. Romanenko Y.I., Kharenko M.P. Look through the years. Southern railway for 130 years. [Vzglyad cherez gody. Yuzhnaya zheleznaya doroga za 130 let]. Kharkov: Prapor Publishing house, 1999. 288 p. (rus)
16. Zinoviev D. History of electrification of Railways of the USSR. 1959-1960. Steam locomotive IS. [Istoriya elektrifikacii zheleznykh dorog SSSR. 1959-1960. Parovoz IS]. URL: <https://www.parovoz.com/history/electrification/1959-60.php>. (date of treatment 24 .09. 2019). (rus)
17. Ilyin S.V. Botkin and sons: encyclopedia "Moscow". [Botkina Petra synov'ya: Enciklopediya «Moskva»]. 1997. (rus)
18. The contribution of A. Rehbinder and brothers Botkins in socio-economic development of the parish Shebekinskiy, Belgorod uyezd, Kursk province in the XIX–XX centuries the Problem of preservation of historical monuments. [Vklad A. Rebindera i brat'ev Botkinykh v social'no - ekonomicheskoe razvitie Shebekinskoj volosti Belgorodskogo uezda Kurskoj gubernii na rubezhe XIX – HKH vv. Problema sohraneniya istoricheskikh pamyatnikov]. URL: [https:// belstory.ru/goroda/shebekino/vklad-a-rebindera-i-bratye-botkin-v-sotsialno-konomicheskoe-razvitie-shebekinskoy-volosti-belgorodskogo-uezda-kurskoj-gubernii-na-rubezhe-xix-hh-vv-problema-sohraneniya-istoricheskikh-pa-2.html](https://belstory.ru/goroda/shebekino/vklad-a-rebindera-i-bratye-botkin-v-sotsialno-konomicheskoe-razvitie-shebekinskoy-volosti-belgorodskogo-uezda-kurskoj-gubernii-na-rubezhe-xix-hh-vv-problema-sohraneniya-istoricheskikh-pa-2.html) (date of treatment: 24 .09. 2019). (rus)
19. Ozhegov S.S. Typical re-construction in Russia in the XVIII-XIX centuries [Tipovoe povtorno stroitel'stvo v Rossii v XVIII-XIX vekah]. Moscow: Stroizdat, 1984. 167 p. (rus)
20. Abdrimova M.M. Stations waiting for the Renaissance. [Vokzaly zhdyot epoha Renaissance]. Gudok. No. 171 (26780). 2019. 1 p. (rus)

Information about the authors

Kolesnikova, Lyudmila I. Professor. E-mail: arh.lik@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Nemtseva, Yana A. Assistant. E-mail: yana.nemtseva.78@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st. 46.

Received in October 2019

Для цитирования:

Колесникова Л.И., Немцева Я.А. Историко-архитектурное наследие объектов юго-восточной железной дороги на территории Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 65–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-65-76

For citation:

Kolesnikova L.I., Nemtseva Y.A. Historical and architectural heritage of objects of the south-eastern railway in the Belgorod region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 65–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-65-76

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-77-84

Абасс Х.С.

Академия архитектуры и искусств. Южный Федеральный Университет
Россия, Большая Садовая ул., 105/42, Ростов-на-Дону
E-mail: arch.hebaabbas@hotmail.com

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДАМАСКА (XI В. ДО Н.Э. – XIX В. Н.Э.)

Аннотация. Статья посвящена исследованию сложного комплекса вопросов, связанных с осмыслением и обобщением закономерностей формирования различных видов национального творчества, что приобретает в настоящее время глубоко актуальный характер. Связь истории и современности, напластование веков и задачи сегодняшнего дня, исторически объективная оценка прошлого и создание новой культуры, созвучной прогрессивным идеям современности – все это определяет живое содержание того сложного процесса, который переживает архитектура Сирии.

Французские кадастровые карты дают нам подробное описание дамасской городской структуры в конце Османской эры, незадолго до серьезных изменений, которые повлияли на город в современную эпоху. Как таковые, они представляют собой полезный инструмент для понимания процессов формирования городского ландшафта через процессологическую типологию. Этот метод основан на гипотезе о том, что история города написана в его построенной ткани и что таким образом можно проследить различные фазы антропогенной организации города в структуре его городской структуры. Из-за того, что в Дамаске различные фазы антропогенной организации возникли постепенно. Исследования этого города до сих пор были сосредоточены главным образом на истории его общественных памятников, а не на процессах формирования городской ткани. Целью данной работы является реконструкция различных этапов формирования городского ландшафта Дамаска от средневековья до османского периода.

Ключевые слова: Арамейский период, Греческий период, Римский период, Византийский период, Арабский период, Османский период.

Введение. Не смотря на древнюю историю, Сирия как республика страна молодая; границы сирийского государства были определены соглашением Сайкса-Пико в 1916 году, а границы Сирии установлены в качестве независимого государства после Второй мировой войны в 1946 году. Сирия расположена к югу от Турции и граничит со странами: Ливаном, Иорданией, Израилем, Палестиной и Ираком. Столица Дамаск расположена на юго-западе и является политическим и культурным центром страны [1].

Тем не менее, Сирия – это земля, которая была заселена с древних времен. Учитывая свое стратегическое расположение, расположенное между Востоком и Западом, Сирия долгое время была полем битвы и «жертвой различных региональных и международных балансов сил». Стратегическое значение страны иллюстрируется ее долгой и бурной историей; археологи обнаружили раскопки, датируемые около 5000 г. до н.э. На территории Сирии находится ряд старейших в мире городов, которые были населены непрерывно, страна имеет глубокую историю городской культуры. Во многих регионах мира урбанизм рассматривается с точки зрения веков, тогда как в Сирии более уместно говорить о тысячелетиях [2].

После более чем тысячи лет в качестве центра исламских империй главные города Сирии развивались почти по прямой линии, с севера на юг, следуя традиционному паломническому маршруту в Мекку.

Дамаск расположен на большой равнине вдоль границы Антиливанского хребта, где начинается река Барада. В Сирии выпадает около 200 мм осадков в год, поэтому управление водными ресурсами было критической проблемой для развития этого города-оазиса. Учитывая рельеф местности, город был расположен между двумя зонами: горная вершина, где существует риск выхода реки из берегов из-за ее пологих склонов - и подножие горы, где близость фреатического слоя препятствует обширной урбанизации. Благодаря рельефу, наличию глубокой просторной долины наводнения городу не грозят [3].

Город Дамаск начинался как важный караванный центр и плодородный оазис на стыке важных торговых путей, согласно древним аккадским и египетским документам. Три главных дороги вели из города: западная дорога вела в Египет, южная – в Мекку, а восточная – в Вавилон.

Древняя история Дамаска подтверждается раскопками, проведенными в Телль-Рамате на

окраине города, которые показали, что старый город был заселен уже между 8 и 10 тысячелетиями до н.э., что позволяет считать его одним из самых древних непрерывно населенных городов мира. Тем не менее, до появления арамейцев, семитских кочевников из Месопотамии Дамаск не был особенно значимым центром [4].

Дамаск был частью провинции Амурроу в империи хиттов, между 1720 и 1570 годами до нашей эры. Самое древнее упоминание о нем в египетских архивах датируется 1350 годом до нашей эры. н.э. на табличках Амарны, где город (называемый Димашкой) возглавлял король Бириваза. Регион Дамаска, как и остальная часть Сирии, был поставлен на карту в столкновениях между хеттами на севере и египтянами на юге, закончившихся мирным договором, в котором Хаттусили предоставил Рамсесу II контроль над регионом. Дамаск в 1259 году до нашей эры Приход народов моря, около 1200 г. до н.э. ознаменовал конец бронзового века в этом регионе и принес новые разработки в технике войны. Эти события помогли сделать Дамаск новым центром интересов в переходный период между бронзовым веком и железным веком [5].

Методология. Исследование включает изучение архивных, библиографических и литературных источников, относящихся к истории архитектуры Дамаска от древнейших времен до XIX в. Был проведен сравнительный анализ событий, оказавших на различных этапах влияние на процесс становления архитектуры города, историко-стилистический анализ объектов архитектуры.

Основная часть. Арамейский период с XI по VIII вв. до н.э. В начале первого тысячелетия появилось несколько небольших арамейских королевств, эти народы постепенно отказались от своего кочевого образа жизни и объединились в федерацию племенных государств. Одним из этих царств был Арам-Дамаск, центром которого был Дамаск.

Несмотря на отсутствие археологических данных, для определения местоположения Дамаска Арамейского периода, есть данные, что он был основан на видимой местности в пределах старого города, где в настоящее время прочитываются четыре холма: Три из которых находятся на севере прямой улицы и четвертая на юге этой же улицы. Соответственно, считается, что арамейское поселение расположено на вершине холма в районе Баб Тоума в восточной части города и к северу от прямой улицы с видом на храм [6].

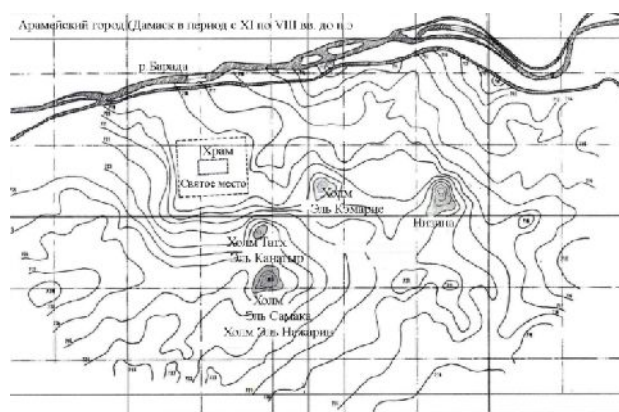


Рис. 1. План Старого Дамаска в Арамейский период. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

Греческий (эллинистический) период VIII в. до н.э. и I в. н.э. Уже в 3000 г. до н.э. происходит становление ранней городской формы Дамаска. Городские стены были построены вокруг населенного пункта с прямыми широкими улицами, расходящимися от городского общественного центра. Именно эллинская эра (336-146 до н.э.) внесла большой вклад в формирование градостроительной морфологии Дамаска. Складывается регулярная сетка улиц, формируется первая типология общественных зданий – строятся общественные бани, храмы, театры, стадионы, агоры с портиками.

На рисунке (рис. 2) показан фрагмент городской застройки Дамаска греческого периода с прямоугольной сеткой дорог в сравнении со сложившейся структурой улиц старого города. Исследования показали, что на месте бывшего греческого храма сейчас находится мечеть Омеядов, а регулярная сетка улиц, свойственная греческому городу, была разрушена в течение последующих периодов жизни Дамаска [7].

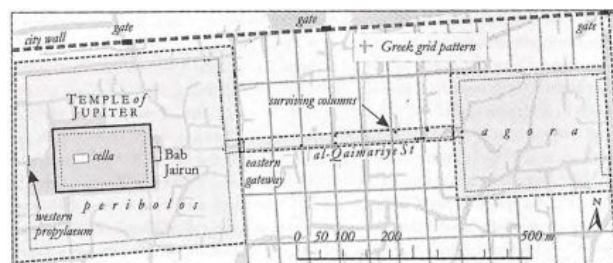


Рис. 2. Греческий храм Юпитера и Дамаска карта улиц. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO)

Римский период с I в. до н.э. по IV в. н.э. Римляне следовали за греками, развивая существующие города и основывая новые. В 64 г. до н.э. Сирия стала центральной провинцией Рим-

ской империи - здесь можно увидеть великие города со знаменитыми памятниками, существующими до сих пор в Пальмире, Босре и Антиохии (которые сейчас относятся к Турции). Римский Дамаск был примерно того же размера, что и старый город-крепость сегодня. Виа Ректа (Прямая улица) сохранилась и проходит от Баб Шарки до Баб-аль-Джабия – двух из семи ворот римского города. Римляне расширили греческий храм Юпитера и агоры. В этот период разрослась прямоугольная планировочная система города. Римляне также разработали первую систему водопроводных труб, остатки которой все еще можно увидеть в современном районе Канават.

Жилые кварталы строились под прямым углом 90 градусов, дома площадью 100 м×45 м, ширина центральной улицы – от 3 м до 5 м [8].

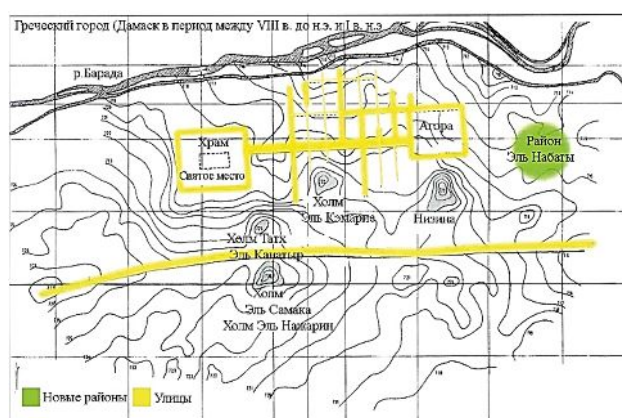


Рис. 3. План Старого Дамаска в Греческий период. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

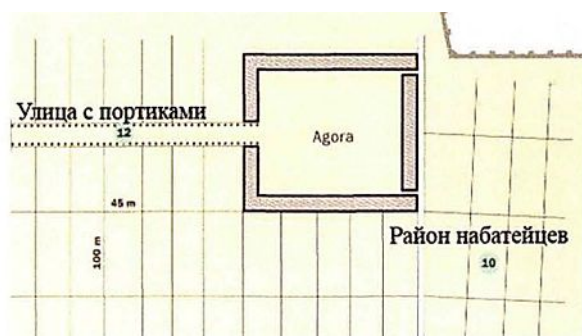


Рис. 4. Агора и расположение улиц в Дамаске римского периода. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO)

Первоначальным строительным сырьем была глина, добытая тут же из русла реки, из которой производился кирпич-сырец. Этот строительный материал был дешевым и доступным для простого населения, но не прочным и не долговечным. Город часто страдал от пожаров. Си-

рия так же славится своими запасами разнообразного камня, от известняка до разных пород мрамора. Распространенным строительным материалом в тот период так же было и дерево. Древний Дамаск можно назвать и самой "зеленой" столицей Ближнего Востока, имеющего богатые леса. Однако культовые постройки и здания зажиточных горожан были возведены из камня, поэтому мы можем видеть их и сегодня [9].

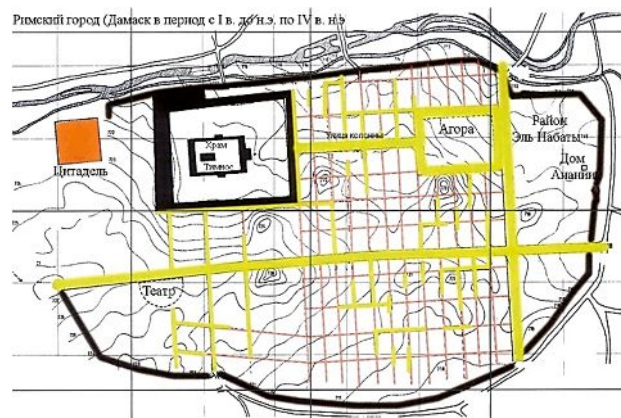


Рис. 5. План Старого Дамаска в Римский период. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

Византийский период с V по VII вв. н.э.

Градостроительство на Ближнем Востоке начинает постепенно складываться с IV века до н.э., когда Сирия объявляется римской провинцией. По всей стране ведется строительство.

В Византийский период сохраняется и развивается прямоугольная планировочная структура. В Дамаске появляются новые сооружения. Храм Юпитера Дамасского был перестроен императором Феодосием в христианскую базилику св. Иоанна Крестителя, возведенную в период 379-396 гг. Жилые дома представляли собой квадрат или прямоугольник в плане с внутренним двором и аркадой, обрамляющей его. Город становится центром епископата. От правления Константина (IV–VI вв.), в Дамаске сохранилась церковь св. Анания, находящаяся между Баб-Шарки и Баб-Тумой, построенная на месте языческого храма, где по преданию стоял дом Анания, вылечившего глаза апостолу Павлу. Стены ее и потолок вырублены в скале [10].

Арабский период с 661–750 н.э. Вопреки многим идеям «исламского урбанизма», ранний город Омейядов не был одним из великих замыслов и разработок.

Новые города строились редко, с новыми поселенцами, арабские гарнизоны, как правило, поселялись в существующих кварталах завоеванных городов, городская жизнь и экономическая

деятельность продолжались на одних и тех же участках, как ни парадоксально, однако, эта непрерывность социальной и политической функции не привела к непрерывности архитектуры и городского планирования даже в таких городах, как Дамаск.

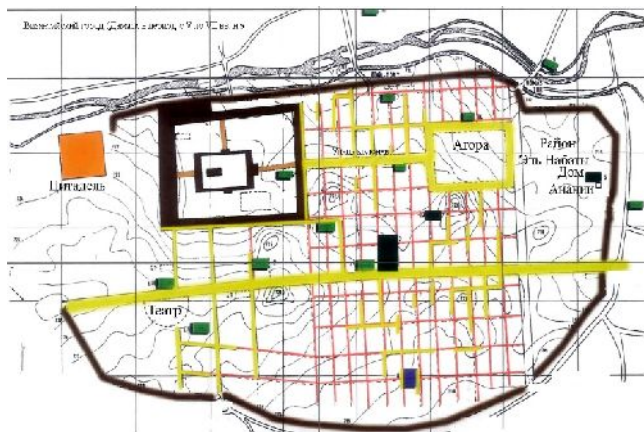


Рис. 6. План Старого Дамаска в Византийский период: Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

Ранний период Омейядов – это период разрушения сложившейся регулярной планировки кварталов Дамаска. Городское пространство Дамаска приобрело черты хаотичности, так как нормальной правовой практикой стал постепенный захват городской территории частными собственниками. Широкие улицы с колоннами были захвачены и в результате разделены на участки нерегулярных очертаний с жилыми домами и магазинами. Вместо регулярного города с величественными магистралями, открытой агорой, местом для встреч и торговли сформировалась сеть узких извилистых улочек, непригодных для нормальных пешеходных и транспортных коммуникаций [12].

В 750 году на месте церкви Святого Иоанна была построена большая мечеть Омейядов. К основным изменениям, произошедшим в архитектурно-строительной практике города в ранний исламский период (арабский период) можно отнести изменение планировки улиц (утрату регулярности), распространение новых типов зданий и городских пространств — бани, крытые площадки или рынки. Роль правительства в развитии и обслуживании городских центров также претерпела значительные изменения, связанные не только с ослаблением позиций городского администрирования, но и с природой ислама – в мусульманских городах не были созданы муниципальные учреждения, занимающиеся городским планированием и гражданскими делами.

Каждый город, в том числе Дамаск, был снабжен городскими стенами для обеспечения

безопасности, мечетью и водопроводом, что необходимо для ежедневного ритуала Ваду. Кроме того, учитывая важность частной собственности в исламе, владельцы домов могли свободно строить или расширять территорию своего дома до тех пор, пока не ущемлялись права соседей. Следовательно, система прямых и широких улиц и прямоугольных кварталов, сложившаяся в период Античности была уничтожена, ей на смену приходят узкие и хаотично расположенные улицы, поскольку владельцы собственности расширили свои дома без ограничений. Кроме того, вьючные животные были предпочтительной формой транспорта: колесные колесницы остались в поздней Античности, что привело к сокращению потребности в широких улицах. Эти события, которые обычно приписывают «исламским» городам, происходили медленно, на формирование которых уходило несколько веков [13].

Другой интересной особенностью исламских городов является организация жилых кварталов по семейно-родовому принципу или этнической принадлежности (например, друзья и курды) – черта. Однако важно отметить, что, хотя этническая принадлежность соответствовала отдельным кварталам в городе, различные религиозные или этнические группы не были изолированы, так как они работали и общались вместе [14].

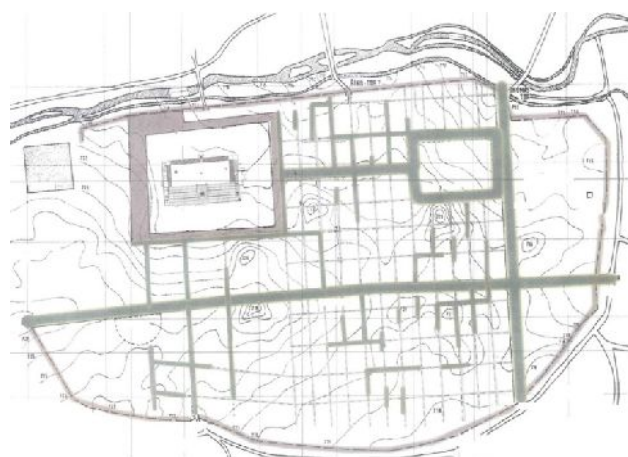


Рис. 7. План Старого Дамаска в Арабский период. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

Первый всеобъемлющий градостроительный проект, направленный на развитие Дамаска в исламский период, был разработан после победы над крестоносцами и прихода к власти Нураль-Дина, лидера айюбидов.

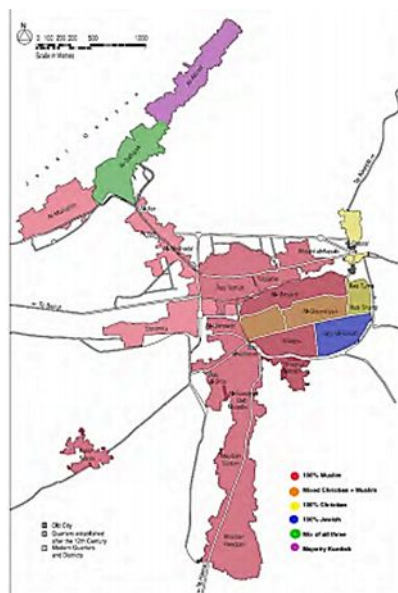


Рис. 8. Карта адаптирована. Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

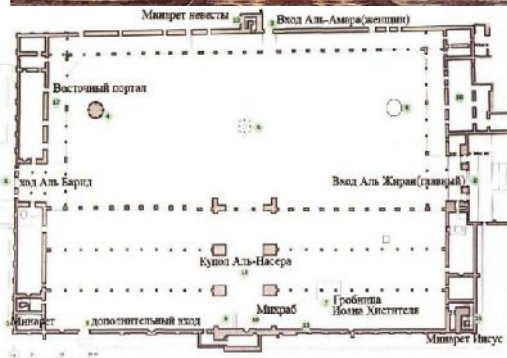
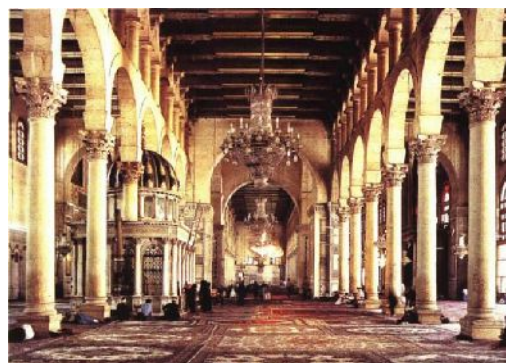


Рис. 9. План и интерьер мечети Омейядов

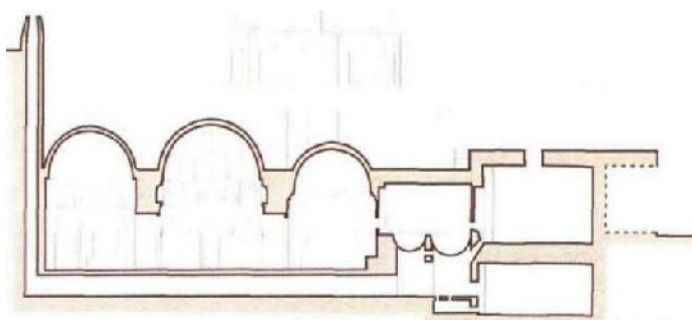
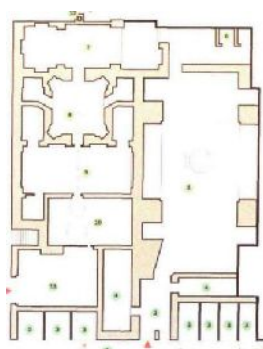


Рис. 10. План и разрез бань Нур Ад Дина

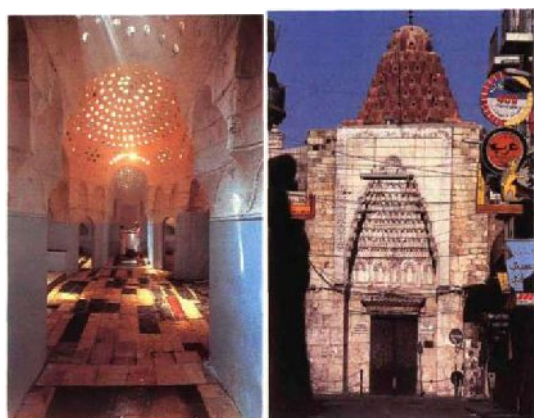


Рис. 11. Интерьер бань Нур Ад Дина (слева), вход бань Нур Ад Дина (справа)

В это время в Дамаске активизировалась экономика и, как следствие, строительная деятельность, появились новые постройки: мечети (жамии), мавзолеи (кабр), бани (хамамат), больницы (маристаны), медресе (школы). Как правило, это были здания кубической формы с приземистым

купол. Некоторые из них сохранились в старой части города. Одним из новшеств арабского периода стали бани [15].

Османский период с 1516–1918 н.э. С момента своего прихода к власти в середине шестнадцатого века османы сосредоточились на религии, чтобы объединить своих разнообразных подданных.

Коммерческий успех привел к значительным изменениям в формировании города с быстрым расширением пригородов. Район Майдан, расположенный к югу от старого города, полностью вошел в состав города в качестве жилого пригорода и крупного сельскохозяйственного центра, учитывая его более сельское расположение. Карта показывает расширение пригородов Дамаска с течением времени. Как видно, поселения за пределами старого города следовали по пути паломничества на юг в сторону Мекки. Первоначальное развитие вокруг улицы Майдан заверши-

лось, и поселения возникли по дороге до Салихейе. В 1516 году поселения экстра-мурос насчитывали 64 гектара; к 1850 году он почти утроился до 184 гектаров [16].

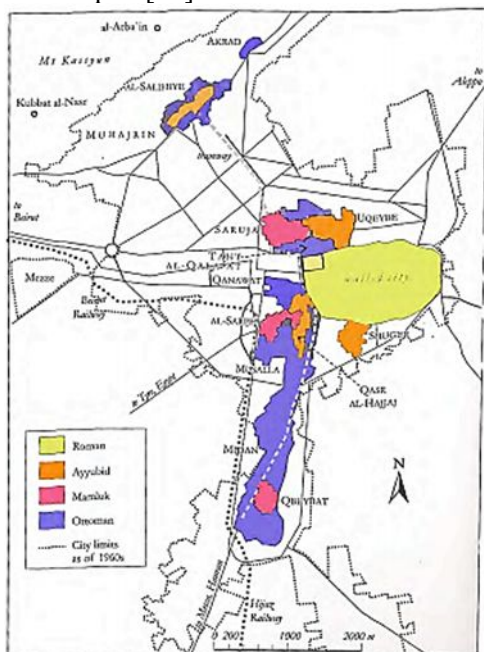


Рис. 12. Историческое развитие Дамаска, Источник: Из архива Французского Центра Ближнего Востока в Дамаске (IFPO) – под редакцией исследователя

В начале девятнадцатого века османская феодальная система начала меняться, так как османы начали реформировать функции государства в направлении более европейской модели, что привело к отмене Система илтизм и рост частной собственности. Кроме того, возросший приток европейских промышленных товаров начал бросать вызов городской экономике, что привело к промышленному коллапсу и оказало давление на жаждущих получить прибыль городских деятелей искать капитал в деревне [18].

Конец османского владычества – 1860–1919. Последние шестьдесят лет Османского правления известны как период Танзимат, буквально «период реорганизации». Это было время административной реформы, модернизации, когда новый акцент был перенесен на городское планирование. В течение 50 лет (1860–1910) город преобразовывался такими темпами, которые были не свойственны предшествующему периоду, Танзимата была основана на 3 принципах, установленных великим визирем Мустафой Расид-пашой.

К концу 19-го века городская структура Дамаска становилась все менее и менее плотной, поскольку новые жилые пригороды планируются с огромными садами и широкими улицами, планируется организация общественных парков, что предвосхитило новации в градостроительстве Дамаска периода Французского Мандата [19].



Рис. 13. План Старого Дамаска в период Османской империи. Источник: Французский Центр Ближнего Востока IFPO

Выводы. Основные этапы формирования культуры Сирии, история градостроительства которой берет свое начало около 5 тысячелетия до н.э., имеют свои значительные различия как в пространственной организации городской ткани, так и в объемно-планировочном решении архитектурных объектов. При этом в архитектурно-градостроительной традиции Сирии тенденции регулярности сменяются периодами нерегулируемого строительства, до неузнаваемости меняя облик городов, в том числе Дамаска. Влияние цивилизаций, оставивших свой отпечаток на архитектуре Сирии, ощущалось на протяжении тысячелетий. Среди многочисленных культурных влияний, прошедших по земле Сирии, нужно особо подчеркнуть тот след, который оставили римская, арабская и турецкая цивилизации.

Многие архитектурные приемы и декоративные элементы, возникшие в периоды господства названных цивилизаций, сохранились до наших дней – параллельно перпендикулярное(шахматное) расположение улиц; жилые постройки, квадратные в плане; жилой дом - это дом с атриумом и фонтаном посередине; тип зданий с айван - галереей (аркадой); функциональное деление жилья; использование местных строительных материалов (кирпич-сырец, камень, мрамор и дерево) и способов отделки (резьба и инкрустация по дереву, камню и мрамору, мозаика, изразцы, фрески и др.).

Таким образом, архитектура Сирии вобрала в себя огромный культурный потенциал опыта древнейших цивилизаций ближневосточного региона и к началу XX выработала свои принципы зодчества, послужившие базой для формирования архитектуры принципиально другого направления, сложившейся в период Французского Мандата.

Современная жизнь ставит перед архитектором новые задачи, но по-прежнему важно сохранять бережное отношение к памятникам прошлого [20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Al-Bakhnasi Afif. Cities of the Arab world. M.:Tunisia, 1981. 86 p.
2. Ali Side. The relationship of the houses of old Damascus and its influence on the national Arab home. M.: Damascus, 2002. 25 p.
3. Al - Bakhnasi Afif. Damascus area and its environs, 2001.279 p.
4. Alshhab Kutarba. Damascus History and Photographs. M.: Damascus, 1990. 86 p.
5. Basil K.M. Syria and Palestine under the Turkish government in historical and political terms. M.: Damascus, 1992. 168 p.
6. Behrens abou Seif, Doris. "Alternatives to cadaster maps for the study of Islamic cities", Environmental Design 1-2, 1993. Pp. 92–95.
7. Bashir Zuhdi. In the history of urban and architectural Damascus, Magazine Cradle of Civilizations Number 5, 2008. 26 p.
8. Cataldi, Giancarlo, Iacono, Patrizia, Merlo, Alessandro. La geometria di Firenze il progetto matrice della città e del territorio, Firenze Architettura 1, 2000. Pp. 4–17.
9. Valtir S. Paris, National Syrian construction. 2002. 399 p.
10. Weber S. Geneva. Ottoman Damascus of the 19th Century, at the 10th International Congress of Turkish Art, 1999. Pp. 731–740.
11. Voronin V.L. Architecture of the Arab countries. The general history of architecture. M.: Damascus, 1999. Pp. 206–208.
12. Володин Э.Ф. К благодатному огню / Путешествие в святую Палестину. М.: Изд. Товарищество русских художников, Москва, 2002. 300 с.
13. Вейморн Б.В. Искусство арабских народов - в книге Всеобщая история искусств т.2 кн.2. М.: Искусство, Москва.1961. 400 с.
14. Weiss Herman. The history of civilization. M.: Germany, 1972. 355 p.
15. Drubi Sharaf Muhammad Ali. Abstract Folk dwelling of the Beck Valley in Lebanon XIX - early XX centuries. M.: Damascus, 1998. 25 p.
16. Fansa. Mamoun & Gaube.Heinz, Windelberg, Jens (ed.), Damascus – Aleppo. 5000 years of urban development in Syria, publishing house Philipp Von Zabern M.: Germany, 2000. Pp. 108–123.
17. Weber Stefan, Changing cultural references: Architecture of Damascus in the Ottoman period (1516-1918), Multicultural Urban Fabric and Types in the South and Eastern Mediterranean. M.: Beirut, Ergon Verlag, 2007. Pp. 189–224
18. Dorothé Zak, Damascus The Development and Construction of an Islamic Oriental City, French Institute for the Near East, Translation by Qasem Touir, 2005. 35 p.
19. Petruccioli, Attilio, The permanence of the classical city in the Arab fabrics of the Mediterranean, M.: Rome, Carocci, 3, 2002. Pp. 2267–2278.
20. Petruccioli, Attilio, New Methods of Reading the Urban Fabric of the Islamicized Mediterranean", Built Environment 28 / 3, 2002. Pp. 202–216.

Информация об авторах

Абасс Хиба Саад, аспирант кафедры теории и истории архитектуры, реставрации и реконструкции историко-архитектурного наследия. E-mail: arch.hebbaabbas@hotmail.com. Южный Федеральный Университет. Россия, 344000, Ростов-на-Дону, ул. Зорге 21, д. 9а, к/150.

Поступила в октябре 2019 г.

© Абасс Х.С., 2019

Abass H.S.

Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University
Russia, Rostov-na-Dony, Bolshaya Sadovaya st., 105/42
E-mail: arch.hebaabbas@hotmail.com

HISTORICAL PERIODS OF FORMATION AND FEATURES OF THE ARCHITECTURE AND URBAN DEVELOPMENT SYSTEM OF DAMASCUS DURING THE PERIOD (XI CENTURY B.C. – XIX CENTURY A.D.)

Abstract. The article is devoted to the study of a complex set of issues related to the comprehension and generalization of the patterns of formation the various types of national creativity, which are now becoming highly relevant. The connection of history and modernity, the stratification of centuries and the tasks of today, the historically objective assessment of the past and the creation of a new culture conforming to the progressive ideas of modernity – all this determine the living content of the complex process that the Syrian architecture is undergoing.

French cadastral maps demonstrate a detailed description of the Damascus city structure at the end of the Ottoman era, shortly before the major changes that affected the city in the modern era. As such, they

represent a useful tool for understanding the processes of urban landscape formation through a processological typology. This method is based on the hypothesis that the history of the city is written in its constructed fabric and that in this way it is possible to trace the various phases of the anthropogenic organization of the city in its urban structure. Due to the fact that in Damascus, various phases of human organization have emerged gradually. Research on this city has so far focused mainly on the history of its public monuments, rather than on the processes of formation of the urban fabric. The purpose of this work is to reconstruct the various stages of the formation of the urban landscape of Damascus from the middle ages to the Ottoman period.

Keywords: *the Aramaic period, the Greek period, the Roman period, the Byzantine period, the Arabian period, the Ottoman period.*

REFERENCES

1. Al-Bakhnasi Afif. Cities of the Arab world. M.: Tunisia, 1981. 86 p.
2. Ali Side. The relationship of the houses of old Damascus and its influence on the national Arab home. M.: Damascus, 2002. 25 p.
3. Al - Bakhnasi Afif. Damascus area and its environs, 2001. 279 p.
4. Alshhab Kutarba. Damascus History and Photographs. M.: Damascus, 1990. 86 p.
5. Basil K.M. Syria and Palestine under the Turkish government in historical and political terms. M.: Damascus, 1992. 168 p.
6. Behrens abou Seif, Doris. "Alternatives to cadaster maps for the study of Islamic cities", Environmental Design 1-2, 1993. Pp. 92–95.
7. Bashir Zuhdi. In the history of urban and architectural Damascus, Magazine Cradle of Civilizations Number 5, 2008. 26 p.
8. Cataldi, Giancarlo, Iacono, Patrizia, Merlo, Alessandro. La geometria di Firenze il progetto matrice della città e del territorio, Firenze Architettura 1, 2000. Pp. 4–17.
9. Valtir S. Paris, National Syrian construction. 2002. 399 p.
10. Weber S. Geneva. Ottoman Damascus of the 19th Century, at the 10th International Congress of Turkish Art, 1999. Pp. 731–740.
11. Voronin V.L. Architecture of the Arab countries. The general history of architecture. M.: Damascus, 1999. Pp. 206–208.
12. Volodin E.F. To the blessed fire / Journey to holy Palestine. M.: Publishing. Partnership of Russian Artists, Moscow, 2002. 300 p.
13. Weimorn B.V. The art of the Arab peoples - in the book The General History of Arts vol. 2 book 2. M.: Art, Moscow. 1961. 400 p.
14. Weiss Herman. The history of civilization. M.: Germany, 1972. 355 p.
15. Drubi Sharaf Muhammad Ali. Abstract Folk dwelling of the Beck Valley in Lebanon XIX - early XX centuries. M.: Damascus, 1998. 25 p.
16. Fansa. Mamoun & Gaube. Heinz, Windelberg, Jens (ed.), Damascus – Aleppo. 5000 years of urban development in Syria, publishing house Philipp Von Zabern M.: Germany, 2000. 108–123 p.
17. Weber Stefan, Changing cultural references: Architecture of Damascus in the Ottoman period (1516–1918), Multicultural Urban Fabric and Types in the South and Eastern Mediterranean. M.: Beirut, Ergon Verlag, 2007. Pp. 189–224.
18. Dorothé Zak, Damascus The Development and Construction of an Islamic Oriental City, French Institute for the Near East, Translation by Qasem Touir, 2005. 35 p.
19. Petruccioli, Attilio, The permanence of the classical city in the Arab fabrics of the Mediterranean, M.: Rome, Carocci, 3, 2002. Pp. 2267–2278.
20. Petruccioli, Attilio, New Methods of Reading the Urban Fabric of the Islamized Mediterranean", Built Environment 28 / 3, 2002. Pp. 202–216.

Information about the authors

Abass, Hiba S. Postgraduate student. E-mail: olga.koalchenko@mail.ru. Southern Federal University. Russia, 344000, Rostov-on-Don, st. Sorge 21, 9a / 150.

Received in October 2019

Для цитирования:

Абасс Х.С. Исторические периоды формирования и особенности архитектурно-градостроительной системы Дамаска (XI в. до н.э. – XIX в. н.э.) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 77–84. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-77-84

For citation:

Abass H.S. Historical periods of formation and features of the architecture and urban development system of damascus during the period (XI century b.c. – XIX century a.d.). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 77–84. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-77-84

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-85-93

Шуваева Е.Ю.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4
E-mail: e.u.shuvaeva@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАГОРОДНОЙ УСАДЕБНОЙ ЗАСТРОЙКИ XVIII – НАЧАЛА XX ВВ. НА ПРИМЕРЕ ГАТЧИНСКОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье рассматривается история возникновения и развития загородных усадебных комплексов, расположенных на территории современного Гатчинского района Ленинградской области. Изучены крупные усадьбы высшей знати, занимающие территорию более 40 га, средние и мелкие дворянские поместья, площадь которых не превышает 30 – 40 га и дачи.

Актуальность исследования обусловлена проблемами приспособления исторических усадеб XVIII – начала XX вв. в контексте сохранения исторической среды. С применением аналитического метода выделены общие тенденции, характерные для каждого периода.

В результате исследования определены основные хронологические периоды и подробно описаны значительные изменения планировочной структуры усадебных территорий и архитектурных решений построек. Изучены и выявлены предпосылки образования дачных поселков и развития дач в первой половине XIX века. Обозначены ключевые векторы приспособления усадебных комплексов после 1917 года, приведены конкретные примеры функциональной переориентации.

Ключевые слова: историческая усадебная застройка, дачная застройка, Гатчинский район, этапы формирования, приспособление объектов культурного наследия.

Введение. Вопросам изучения усадебного наследия посвящено немало исследований. Проблемы приспособления исторических поместий для современного использования рассмотрены в работах Е.Н. Чернявской [1], Е.В. Полянцева [2], И.Л. Коробицыной [3], М.В. Нащокиной [4], И.В. Краснобаева [5] и Е.А. Козыревой [6, 7]. Варианты методов сохранения комплексов усадеб предложены Н.И. Завьяловой [8]. Несмотря на исследования усадеб Ленинградской области, проведенные в 1970-х годах И. В. Барсовой [9] и в 2008 году С.Е. Гусевой [10], вопрос выявления характерных этапов формирования загородной усадебной застройки, как особой системы расселения, рассмотрен не был. Однако, в связи с возросшим интересом к памятникам усадебной застройки, представляется актуальным изучение характерных особенностей архитектурно-планировочных структур комплексов, претерпевавших изменения с каждым новым этапом развития. Необходимо отметить, что указанные преобразования отличались в крупных имениях высшей знати и средних и мелких помещичьих усадьбах.

Материалы и методы. Аналитический метод изучения позволяет выявить характерные изменения, происходившие в имениях с течением времени. Исследования основаны на значительном количестве архивных и литературных источников, также использованы материалы авторских натурных обследований. Следовательно, в качестве методов также применялись библиографический, источниковедческий и сравнительный.

Основная часть. На территории Санкт-Петербургской губернии оживленное строительство загородных дворянских усадеб началось в третьей четверти XVIII века, в годы царствования Елизаветы Петровны. При Екатерине II формирование усадебных комплексов продолжалось на вновь получаемых земельных участках, вместе с тем происходило изменение и существующих ансамблей. Императрица поощряла развитие частного дворянского хозяйства, отдавая дворянам в собственность государственные земли с имеющимися на них поместьями [10].

Во второй половине XVIII века строительство крупных дворянских усадеб началось на территории современного Гатчинского района, известного благоприятными природно-климатическими условиями. Создавались поместья, ориентированные на постоянное пребывание владельцев (рис. 1). В это время формировался классический образ загородной дворянской усадьбы.

Одной из первых стала мыза Дылицы, подаренная императрицей Екатериной II камердинеру В. Г. Шкуруну. На месте существовавшей с 1712 года усадьбы Волконских с деревянными постройками и регулярным садом, в 1760-е годы были построены каменный дворец, Владимирская церковь и комплекс хозяйственных построек. Регулярный характер парка, расположенного на двух террасах, был дополнен элементами пейзажности [11].

По проектам знаменитого архитектора И.Е. Старова в 1770-х годах были созданы дворцово-

парковые комплексы П.Г. Демидова в Сиворицах и А.Г. Демидова в Тайцах.

На первом этапе в Таицкой усадьбе был построен дворец, служебные и хозяйственные постройки, разбит регулярный сад перед главным фасадом господского дома. Фруктовые сады, теплицы и оранжереи располагались около Демидовских ключей [12]. В 1782 году, в результате обмена участками с А.П. Ганнибалом, террито-

рия у деревни Певгелевой перешла в собственность А.Г. Демидова, что позволило организовать искусственную водную систему, ставшую основой новой планировочной структуры [13].

Усадьба П.Г. Демидова в Сиворицах была построена на месте старой деревянной усадьбы Апраксиных. Центральная часть комплекса, устроенная в 1775–1776 годах, состояла из господского дома в стиле русского классицизма и пейзажного парка с прудом [14].

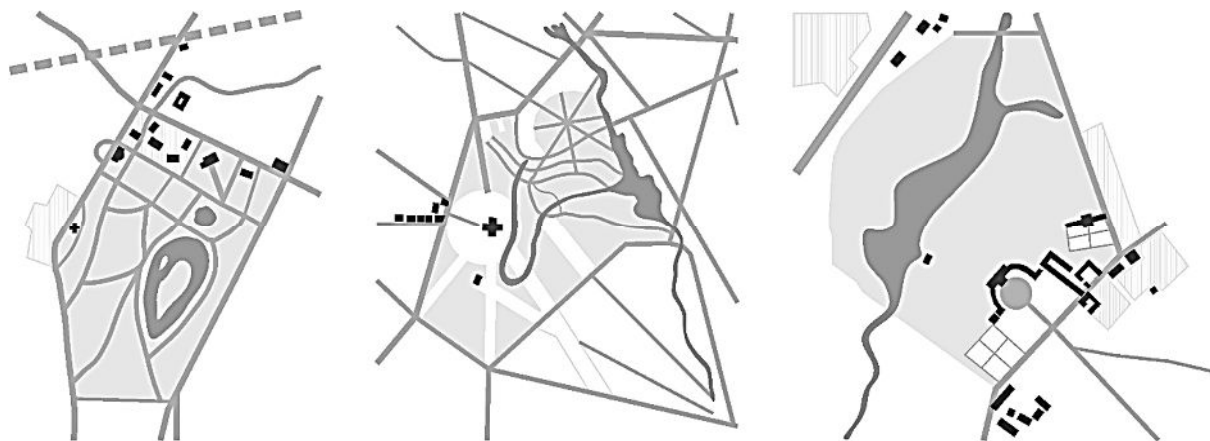


Рис. 1. Планы усадеб Дылицы, Тайцы и Сиворицы

Во второй половине XVIII века также формировались небольшие усадьбы Войковицы, Вохоново, Низковицы, ориентированные на ведение обширной сельскохозяйственной деятельности, что отражено в планировочном решении

усадебных территорий (рис. 2). Большая часть построек к настоящему времени полностью утрачена, но несомненной ценностью обладают парковые территории с частично сохранившейся планировочной структурой [15].

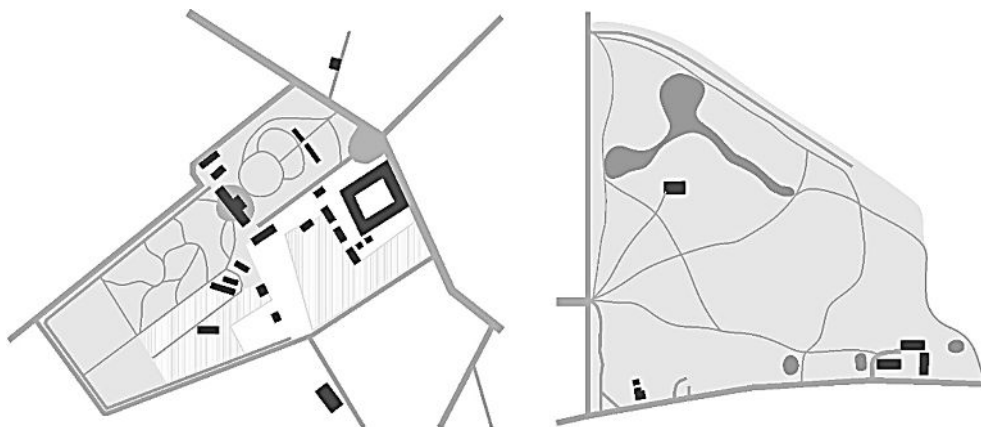


Рис. 2. Планы усадеб Войковицы и Вохоново

Рубеж XVIII и XIX веков отмечен новым этапом развития усадебного и возникновения дачного строительства. Существующие усадьбы перестраиваются и расширяются, зачастую за счет объединения нескольких усадеб путем дарения или продажи соседних имений. Так, под руководством садового мастера Д. Буша в 1790-х годах общей планировочной структурой с Сиворицами были объединены еще четыре усадьбы П.Г. Демидова (Пентус, Ферма, Елицы и Екате-

ринбуш), что привело к значительному увеличению площади имения [16]. В конце XVIII века при статском советнике С.В. Шкурине был перестроен в стиле классицизма господский дом в Дылицах [17].

В указанный период возникают небольшие помещичьи усадьбы площадью до 40 га, активно формируется усадебная застройка вдоль реки Ордеж (рис. 3). При впадении в нее реки Грязной, на высоком холме в селе Рождествено был выстроен деревянный двухэтажный особняк с

бельведером, украшенный портиками с колоннами. Изначально здание имело административную функцию, являясь домом городничего [16].

С именем надворного советника Ф. Ф. Беля связано возникновение небольшой помещичьей мызы (1799 г.), традиционной для конца XVIII – начала XIX веков. В его имении Белогорка были построены господский дом, комплекс хозяйственных зданий, мельница и разбит пейзажный парк [18].

В 1794 году на границе деревень Межно и Старая Сиверская М.О. Дешан была устроена усадьба, названная Мариенгофской. Всего через 5 лет она перестроена П.А. Черкасовым, в период

владения, которого также выстроен деревянный двухэтажный дом [15].

Усадьба Дружноселье располагалась на земле, принадлежавшей сестрам Зельберейзен и на первом этапе своего развития (1796 – 1832 гг.) включала в себя господский дом, партер перед ним, подъездную аллею и небольшой парк с прудом [19].

В 1797 году отец знаменитого архитектора А.И. Штакеншнейдера Иоганн получил разрешение на строительство каменного дома при Гатчинской мельнице, которое было завершено в 1799 году [20]. Однако никаких изображений или описаний этой постройки обнаружить не удалось.

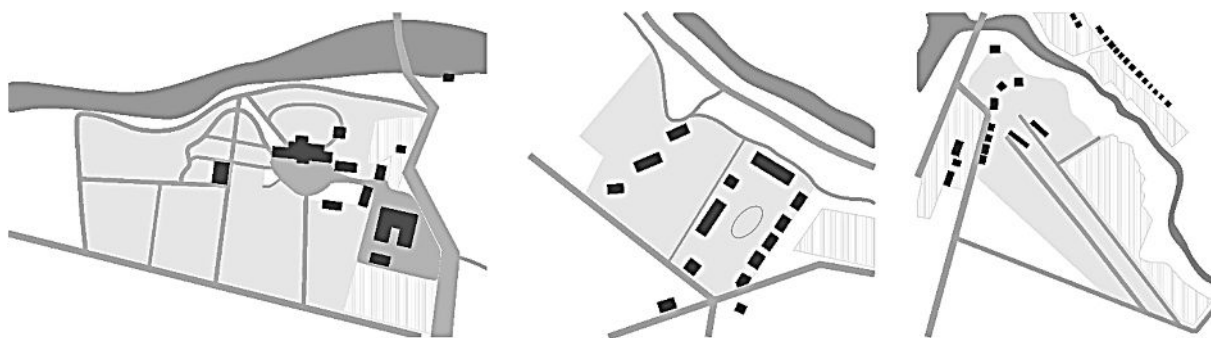


Рис. 3. Планы усадеб Батово, Белогорка и Рождествено

В первой половине XIX века происходит дальнейшее развитие усадебной застройки, сопровождающееся расширением сложившихся комплексов и сооружением дополнительных строений. На месте усадеб XVIII века формировались новые имения.

Известный мореплаватель, капитан второго ранга Ю.Ф. Лисянский, выйдя в отставку, в 1809 году обустроил усадьбу в деревне Кобрино, ранее принадлежавшей Н.О. Ганнибал, матери А.С. Пушкина [21]. При нем были построены деревянный двухэтажный усадебный дом и восемь хозяйственных зданий (два сарая, скотный двор, конюшня, амбар, столярная, рига, молочная и людская), разбиты парк и фруктовый сад, устроены огороды [15].

На месте старого имения Орлино, принадлежавшего в 1770-х годах барону И.Ю. Фредериксу, была основана новая усадьба князя И.В. Васильчикова (1820-е гг.). Комплекс построек включал в себя деревянные двухэтажный барский дом, одноэтажный конторский дом с мезонином и служебные постройки (скотный двор, конюшню, амбары, людские, кучерские, теплицы и оранжереи). На территории также располагались парк у озера, огороды и фруктовый сад [16].

Интенсивное развитие усадьбы в Рождествено связано с преобразованиями, предпринятыми в 1825 году ее владельцем – надворным советником Н.Е. Ефремовым. На основе существовавшего плодового сада был разбит регулярный парк, обветшавшие деревянные постройки снесены и возведены новые [15].

Период формирования, частично сохранившегося до наших дней облика усадьбы Дружноселье связан с именем князя Л.П. Витгенштейна. Еще до вступления в законные права владения в 1842 году он занимался переустройством имения. В 1820-х – 1830-х годах на месте старого был возведен новый главный дом, построены каменные службы и хозяйственный двор, регулярный сад перепланирован в пейзажный парк [19]. В период с 1832 по 1834 год территория усадьбы значительно увеличивается и ее облик модернизируется в духе классицизма. Затем, вплоть до 1845 года, архитектором А.П. Брюлловым создается мемориальный комплекс, состоящий из часовни-каплицы над могилой супруги Л.П. Витгенштейна, двух павильонов и здания богадельни. Одновременно с этим был построен хозяйственный комплекс, включавший в себя скотный двор, конюшню, амбар, дом для рабочих, сарай, ригу и другие постройки [15].

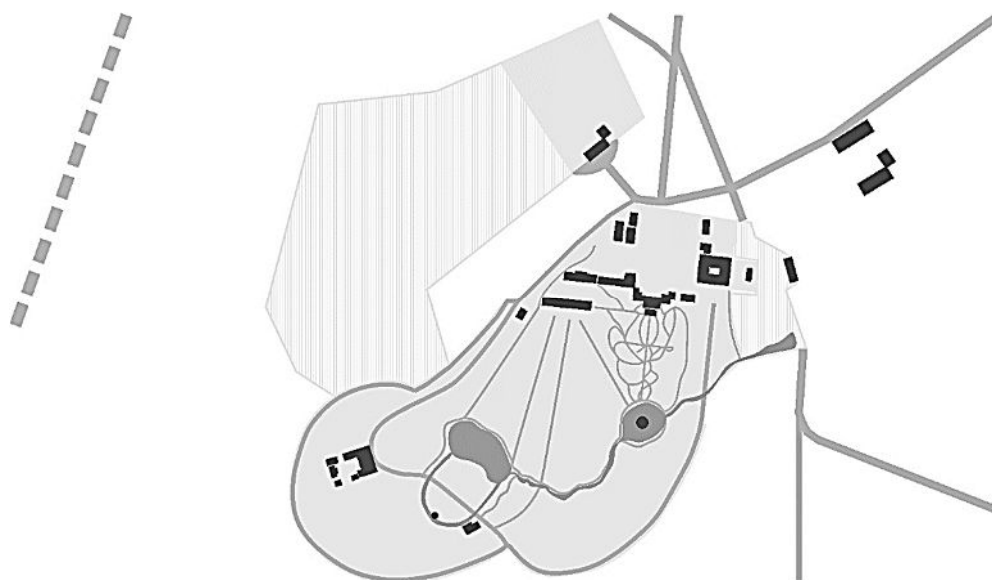


Рис. 4. Мыза Дружноселье с деревнями, пильным и стеклянным заводами князя Витгенштейна [22]

Усадьба Войсковицы, с 1802 года принадлежавшая Кандалинцевым, подтверждая устоявшуюся в начале XIX века тенденцию к развитию и расширению усадебных территорий, была увеличена за счет разбивки регулярного парка и присоединения обширных пашенных и луговых земель [15].

Важным фактором в развитии усадебной и дачной застройки **во второй половине XIX века** стало развитие железнодорожного сообщения в России. В 1837 году была открыта Царскосельская железная дорога от Петербурга до Царского Села [23]. Хорошая транспортная доступность стала толчком для массового строительства загородных дач, которые в большинстве своем располагались в непосредственной близости от железнодорожных станций (Тайцы, Вырица, Сиверская) [21]. Быстрому росту количества дач также способствовал процесс разделения крупных имений на более мелкие участки. Среди владельцев собственных дач в живописном пригороде известны деятели культуры и искусства И.Н. Крамской, А.Н. Майков, М.Е. Салтыков-Щедрин, отдыхали А.А. Фет, И.И. Шишкин, К.И. Чуковский, А.Н. Плещеев и другие [24]. В 1870–1880-х годах на берегу реки Оредеж, в Песчанке, устроен целый ряд дач, сдаваемых в аренду. Большинство построек того периода полностью утрачены, многие сгорели во время Великой Отечественной войны.

Несмотря на бурное развитие района как курортного дачного места отдыха, по-прежнему возникали единичные усадьбы и продолжались преобразования в существующих имениях. Так, в деревне Выть (Вытти) в начале 1870-х годов куп-

цом К.П. Печаткиным была устроена мыза Владимирская с деревянным господским домом, парком и плодовыми садами.

Современный облик усадьбы Старовых Колодези (Раболово), образованной в XVIII веке, был сформирован статским советником Н.И. Пейкером в 1850-х годах. Он расширил парк, заменил деревянные постройки на каменные, господский дом выстроил в стиле «английских коттеджей» [15].

Регулярный парк был устроен в имении Жабино в 1850-е – 1860-е годы, во времена владения усадьбой бароном А.И. Роппом. Одновременно возведенный каменный одноэтажный господский дом с мезонином сохраняется и по сей день.

Масштабные преобразования происходили в бывшей усадьбе Рылеевых Батово, после того, как владелицей имения в 1854 году стала Н.А. Корф, прабабушка В.В. Набокова. На месте снесенных построек был распланирован новый усадебный комплекс, в центре которого располагался деревянный, двухэтажный с бельведером, балконами и террасами господский дом на высоком каменном цоколе, окруженный регулярным парком. По обеим сторонам дороги, ведущей к селу Рождествено, были построены хозяйственные здания (скотный двор, конюшни, людская, прачечная, молочня, ледник) [15].

Расцвет усадьбы Дылицы связан с именем княгини Е.Е. Трубецкой, которая приобрела ее в 1852 году. При ней меняется облик парка, производится капитальный ремонт Владимирской церкви и перестраивается дворец. В северной части имения размещаются четыре наемных дачи (Тирольская, Полукаменная, Персиковая и Красная), дом управляющего и оранжерея, устраива-

ются огород и плодовый сад. В отличие от большинства рассматриваемых усадеб, территория Дылиц в результате преобразований значительно уменьшилась [25].

В 1850-х годах усовершенствованием «Розовой дачи» в деревне Мыза Ивановка занялся ее владелец, выдающийся архитектор А.И. Штакеншнейдер. Им было сохранено существующее композиционное решение усадьбы, а новый дом, построенный на фундаментах старого, повторял габариты его главного объема [20]. Ныне об имении зодчего напоминают только остатки мельницы, усадебный дом сгорел в 2003 году [26].

Для конца XIX – начала XX века характерно угасание усадебного строительства, связанное с изменением жизненного уклада, ростом городов и развитием промышленности. Вместе с тем, на территории Санкт-Петербургской губернии новые усадьбы возникали вплоть до 1917 года, а большинство существующих продолжали развиваться. Только характер их заметно изменился – некоторые усадьбы превращались в доходные и сдавались в наем, некоторые были ориентированы на получение доходов с сельскохозяйственных угодий или промышленных предприятий, расположенных непосредственно на территории имения или за его пределами.

Новый расцвет имения Белогорка связан с именем Е.А. Фоминой (Елисеевой), при которой был создан усадебный комплекс на месте старинной усадьбы Ф.Ф. Бея. Архитектором С.Ф. Овсянниковым в 1905 году была построена каменная церковь Николая Чудотворца, с перестройками сохранившаяся до нашего времени. Административно-хозяйственная зона усадьбы состояла более чем из 50 построек. В 1910 – 1913 годах по проекту В.П. Тавлинова был возведен уникальный особняк в стиле позднего модерна [18].

Рубеж XIX – XX веков также отмечен изменением функционального назначения бывших усадеб. В большинстве перепрофилированных особняков располагаются медицинские учреждения. Например, Обществом русских врачей в 1897 году проведены ремонтные и благоустроительные работы для приспособления Таицкого государева имения под санаторий для легочных больных. В 1898 году по инициативе императрицы Марии Федоровны имевшийся в усадьбе деревянный дом был перестроен в храм Марии Магдалины [14]. К 1900 году в санатории существовало два отделения – в усадебном доме женское (Мариинское), во вновь построенном двухэтажном корпусе мужское (Георгиевское). По проекту архитекторов А.А. Бруни и А.А. Степанова возведено служебное здание, вмещавшее в себя несколько хозяйственных функций [27].

Другое имение Демидовых, расположенное в Сиворицах, в 1900 году для размещения больницы для душевнобольных приобрела Санкт-Петербургская земская управа [21].

В 1913 году имение Батово было продано акционерному обществу «Строитель», где устроен лесопильный завод, на месте которого ныне расположена птицефабрика [16].

Классическая загородная усадьба, как родовое гнездо, перестала существовать в 1917 году, в результате ликвидации помещичьего и купеческого землевладения согласно декрету о земле [28]. Несмотря на использование бывших усадебных построек различными организациями (в Белогорке последовательно располагались совхоз, детский приют, опытная сельскохозяйственная станция; в Дылицах – трудовая школа, отделение совхоза, областная опытная станция полеводства; в Кобрино – общежитие учебно-производственного предприятия Общества слепых; в Суйде – сельскохозяйственная артель, совхоз), происходило их быстрое разрушение. Значительные утраты произошли в годы Великой Отечественной войны (в Белогорке утрачены интерьеры усадебного дома, черепичная крыша; в Суйде сгорел флигель для гостей и пострадал парк).

Выводы. Расцвет усадебного строительства и формирование классического образа загородной усадьбы приходится на период с середины XVIII века до конца первой четверти XIX века. Изданные Петром III «Манифест о даровании вольности всему российскому дворянству» (1762 г.) и Екатериной II «Жалованная грамота дворянству» (1785 г.) сыграли важнейшую роль в развитии усадебного застройки в России, и в Санкт-Петербургской губернии в частности. Дворяне получили возможность постоянно проживать в своих загородных имениях, занимаясь ведением хозяйства, передавать земли в потомственное владение. Усадьбы, образованные в указанный период, были ориентированы преимущественно на круглогодичное пребывание, следовательно, имели обширные территории, значительную часть которых занимала хозяйственная зона с сельскохозяйственными угодьями, огородами и плодовыми садами. Помимо жилых зданий также присутствовали постройки утилитарного назначения (амбары, молочни, конюшни, склады, коровники и другие).

Тенденция к постепенному угасанию усадебной культуры наметилась во второй четверти XIX века, с 1830-х годов в пригородах Петербурга стали появляться дачи. Отмена крепостного права в России в 1861 году вынудила дворян, исконный класс владельцев имений, искать новые статьи доходов. Так стали появляться усадьбы-

дачи, усадьбы с устроенными в них сельскохозяйственными фермами или промышленными предприятиями, владельцами которых были купцы, промышленники или финансисты. Однако, крупные усадьбы, сложившиеся еще в XVIII веке, продолжали развиваться путем расширения сложившихся комплексов за счет присоединения территорий и устройства на них дополнительных сооружений, также перестраивались и капитально ремонтировались существовавшие постройки.

В Санкт-Петербургской губернии усадьбы продолжали возникать, существовать и развиваться до Октябрьской революции (1917 г.), но они сильно отличались от архитектурно-ландшафтных усадебных комплексов периода расцвета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сухорукова Д.А., Чернявская Е.Н. Использование усадеб Новой Москвы // Вестник ландшафтной архитектуры. 2018. № 15. С. 65–69.
2. Полянецв Е.В. Проект восстановления усадьбы Глебовых в с. Никольском Калужской области. Теория, процесс, воплощение // Сб. статей Международной научно-практической конференции «Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды Мархи». Москва, 04 – 08 апреля 2016 г. Москва: Изд-во Московский архитектурный институт (государственная академия), 2016. С. 156–157.
3. Корибицына И. Л. О комплексном подходе к возрождению усадеб Кузьминки и Люблино // Русская усадьба сборник ОИРУ. 2008. Вып. 13 – 14 (29 – 30). С. 59–64.
4. Нащокина М. В. Проблемы сохранения и реставрации усадебного наследия Подмоскovie // Русская усадьба: сборник ОИРУ. 2009. Вып. 15 (31). С. 25–30.
5. Краснобаев И.В. Сохранение сельских усадеб: проблемы и перспективы. СПб: Изд-во Коло, 2013. 168 с.
6. Козырева Е.А. Ближние усадьбы высшей знати, как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга, на примере Дворцово-паркового ансамбля Знаменской дачи // Сб. научных трудов Международной научной конференции «Global science. Development and novelty». Мадрид. 2018. №7. С. 47–66.
7. Козырева Е. А. Ближние усадьбы высшей знати, как феномен историко-градостроительной жизни Санкт-Петербурга, на примере дачи А. С. Строганова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. №2. С. 47–66.
8. Завьялова Н.И. Загородные усадьбы в России и мире: вопросы выживания // Academia. Архитектура и строительство. 2014. № 1. С. 112–113.
9. Барсова И.В. Усадебные парки Ленинградской области и принципы их использования: дис. ... канд. арх.: защищена 1971. Т. 1. И.В. Барсова. ЛИСИ. Ленинград, 1971. 221 с.
10. Гусева С.Е. Садово-парковый комплекс сельских дворянских усадеб Санкт-Петербургской губернии (типологический аспект): дис. ... канд. архитектуры: 18.00.01 : защищена 08.10.2008. Т. 1. С. Е. Гусева. СПб., 2008. 172 с.
11. Гоголицын Ю.М. Памятники архитектуры Ленинградской области. Л.: Изд-во Стройиздат, 1987. 303 с.
12. Вершинина Л.С. История усадьбы Демидовых «Большие Тайцы» // Сб. статей «Культурное наследие Российского государства». СПб.: Изд-во Ленинградское областное отделение Всероссийской общественной организации «Всероссийское общество охраны памятников истории и культуры», 2018. С. 424–436.
13. Кючарианц Д.А. Иван Старов. СПб. Изд-во Стройиздат, 1982. 191 с.
14. Перевезенцева Н.А. По Балтийской железной дороге от Петербурга до Гатчины. СПб.: Изд-во Остров, 2004. 152 с.
15. Мурашова Н.В. Сто дворянских усадеб Санкт-Петербургской губернии: исторический справочник. СПб.: Изд-во Выбор, 2005. 399 с.
16. Бурлаков А.В. Прогулки по южным окрестностям Гатчины. Авторский путеводитель. Гатчина : Изд-во АНО ДО «СЦДБ», 2015. 128 с.
17. Первушина Е.В. Ленинградская область. История. Культура. Традиции. СПб.: Изд-во Паритет, 2017. 384 с.
18. Мурашова Н.В. Усадьба Белогорка // Адреса Петербурга. 2004. № 15/27. С. 9 –99.
19. Шмелев А. А. Дружноселье Витгенштейнов. Потерянный дом // Русская усадьба: сборник ОИРУ. 2009. Вып. 15 (31). С. 400–405.
20. Рождественский С. Столетие города Гатчины. Том первый. Исторические сведения. Гатчина: Гатчинское дворцовое управление, 1896. 436 с.
21. Глинка Н.В. Ленинградская область. Исторические очерки. СПб.: Изд-во Аврора, 2017. 160 с.
22. ЦГИА СПб. ф. 262, оп. 29, д. 16а.
23. Пыляев М. И. Забытое прошлое окрестностей Петербурга. СПб.: Изд-во Паритет, 2018. 528 с.
24. Лучинский А.А., Никитин Н.В. Сиверская дачная местность по Варшавской железной дороге (переиздание книги 1910 г.). Гатчина: Изд-во АНО ДО «СЦДБ», 2013. 80 с.

25. Бурлаков А.В. Записки Гатчинского краеведа. Книга первая. Гатчина: Изд-во НЧОУ НПО СПУ им. Дона Боско, 2012. 239 с.

26. Чистякова Т.Н. Серебряное кольцо России. СПб.: «Культурно-просветительское товарищество», 2015. 36 с.

27. Гусаров А.Ю. Юго-западные предместья Петербурга. История, архитектура, дачная жизнь. СПб.: Изд-во Паритет, 2015. 368 с.

28. Roosevelt Pr. Life on the Russian Country Estate: a Social and Cultural History. Yale University Press. London, 1995. 384 p.

Информация об авторах

Шуваева Евгения Юрьевна, аспирант кафедры архитектурного и градостроительного наследия. E-mail: e.u.shuvaeva@mail.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

Поступила в ноябре 2019 г.

©Шуваева Е.Ю., 2019

Shuvaeva E. Yu.

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, 190005, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4
E-mail: e.u.shuvaeva@mail.ru*

FORMATION OF COUNTRY ESTATE DEVELOPMENT OF THE XVIII-EARLY XX CENTURIES ON THE EXAMPLE OF GATCHINSKY DISTRICT IN LENINGRAD REGION

Abstract. The article deals with the history of the emergence and development of country estate complexes located on the territory of the modern Gatchinsky district of the Leningrad region. Large estates of the highest nobility, occupying more than 40 hectares, medium and small noble estates, the area of which does not exceed 30 – 40 hectares and cottages are studied. The relevance of the study is due to the problems of adaptation of historical estates of the XVIII-early XX centuries in the context of preserving the historical environment. The research is urgent due to the issues of adaptation the historical estates of the XVIII-early XX centuries in the context of preserving the historical environment. The common tendencies, which are typical for country estate of the XVIII century second part, at the turn of the XVIII and XIX century, first and second parts of the XIX century and at the turn of the XIX and XX century period, are highlighted by analytical method. It contains analysis of features of architectural projection structure of country estates, which are changed due to each stage of developing, because it is necessary for end-to-end solution for reservation of historical noble estates.

In result, the main chronological periods are founded and main modifications in layout structures of country estates and architecture design are described. Prosperity of country estates and formation of its classic appearance happened from the middle of the XVIII century till the end of first quarter of the XIX century. Country cottages, which refer to the period of prosperity, mainly are designed for year-round residence. Additionally, the research contains review of country estate culture fade period. Main preconditions of country cottages appearance and developing in first part of XIX century are studied and described. The key vectors of adaptation of manor complexes after 1917 are designated, concrete examples of functional reorientation are given.

Keywords: historical country estates, development of summer cottages, Gatchinsky district, stages of formation, adaptation of cultural heredity objects.

REFERENCES

1. Suhorukova D.A., Chernyavskaya E.N. Usage of New Moscow country estates [Ispol'zovanie usadeb Novoj Moskvy]. Vestnik landshaftnoj arhitektury. 2018. No. 15. Pp. 65–69. (rus)

2. Polyancev E.V. The project of renovation the Glebov's country estate in Nikolskoe village, Kaluzskay district. Theory, process and implementation [Proekt vosstanovleniya usad'by Glebovyhvs. Nikol'skom Kaluzhskoj oblasti. Teoriya, process, voploshchenie] Sbornik statej Mezhdunarodnoj

nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie. Trudy Marhi». Moscow institute of Architecture (State Academy). 2016. Pp. 156–157. (rus)

3. Korobitsina I.L. The complex view of renovation the Kuzminka and Lublino country estates [O kompleksnom podhode k vozrozhdeniyu usadeb Kuz'minki i Lyublino]. Russkaya usad'ba: sbornik Obshchestva izucheniya russkoj usad'by. 2008. No. 13–14 (29 – 30). Pp. 59–64. (rus)

4. Nashokina M.V. The problems of preservation and restoration the heritage of estates in Moscow area [Problemy sohraneniya i restavratsii

usadebnogo naslediya Podmoskov'ya]. Russkaya usad'ba: sbornik Obshchestva izucheniya russkoj usad'by. 2009. No. 15 (31). Pp. 25–30. (rus)

5. Krasnobaev I.V. Reservation of village estates: problems and prospects. [Sohranenie sel'skikh usadeb: problemy i perspektivy]. SPb: Kolo, 2013. 168 p. (rus)

6. Kozyreva E.A. Neighborhood estates of the highest nobility, as a phenomenon of the historical and urban development of St. Petersburg, using the example of the Palace and Park Ensemble of the Znamenskaya Dacha [Blizhnie usad'by vysshey znati, kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga, na primere Dvorcovo-parkovogo ansamblya Znamenskoy dachi]. VII International scientific-practical conference «Global science. Development and novelty». Madrid. 2018. No. 7. Pp. 71–75.

7. Kozyreva E.A. Neighborhood estates of the highest nobility, as a phenomenon of the historical and urban planning life of St. Petersburg, using the example of the estate A. S. Stroganova [Blizhnie usad'by vysshey znati, kak fenomen istoriko-gradostroitel'noy zhizni Sankt-Peterburga, na primere dachi A.S. Stroganova]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Journal of Construction and Architecture). 2019. No. 2. Pp. 47–66. (rus)

8. Zavialova N. I. Country estates in Russia and in the world: aspects of survival [Zagorodnye usad'by v Rossii i mire: voprosy vyzhivaniya]. Academia. Architecture and construction. 2014. No. 1. Pp. 112–113. (rus)

9. Barsova I.V. Parks of country estates in Leningrad district and approach of their usage: dissertation of Candidate of architecture [Usadebnye parki Leningradskoj oblasti i principy ih ispol'zovaniya: dissertaciya kandidata arhitektury]. Leningrad: LISI, 1971. 221 p. (rus)

10. Guseva S.E. The landscape complex of manorial estates in Saint-Petersburg province (typological aspect): dissertation of Candidate of architecture. [Sadovo-parkovyj kompleks sel'skikh dvoryanskikh usadeb Sankt-Peterburgskoj gubernii (tipologicheskij aspekt)]. SPb: SPbGASU, 2008. 172 p. (rus)

11. Gogolitsin Yu.M. Architecture monuments of Leningrad district [Pamyatniki arhitektury Leningradskoj oblasti]. Leningrad: Strojizdat, 1987. 303 p. (rus)

12. Vershinina L.S. The history of Demidov's estate «Bolshie Taicy» [Istoriya usad'by Demidovykh «Bol'shie Tajcy»]. Sb. statej «Kul'turnoe nasledie Rossijskogo gosudarstva». SPb.: Izd-vo Leningradskoe oblastnoe otdelenie Vserossijskoj obshchestvennoj organizacii «Vserossijskoe obshchestvo ohrany pamyatnikov istorii i kul'tury», 2018. Pp. 424–436. (rus)

13. Kyucharianc D.A. Ivan Starov. [Ivan Starov]. SPb: Strojizdat, 1982. 191 p. (rus)

14. Perevezentseva N.A. Along the Baltic railway from Saint Petersburg to Gatchina [Po Baltijskoj zheleznoj doroge ot Peterburga do Gatchiny]. SPb: Ostrov, 2004. 152 p. (rus)

15. Murashova N.V. One hundred of manorial estates in Saint-Petersburg: historical reference book. [Sto dvoryanskikh usadeb Sankt-Peterburgskoj gubernii: istoricheskij spravochnik]. SPb: Vybor, 2005. 399 p. (rus)

16. Burlakov A.V. The walking along the south environs of Gatchina. Author's guide [Progulki po yuzhnyim okrestnostyam Gatchiny. Avtorskij putevoditel'. Gatchina]. Gatchina: ANODO «SCDB», 2015. 128 p. (rus)

17. Pervushina E.V. Leningrad district. History. Culture. Traditions. [Leningradskaya oblast'. Istoriya. Kul'tura. Tradicii]. SPb: Paritet, 2017. 384 p. (rus)

18. Murashova N.V. Belogorka country estate [Usad'ba Belogorka]. Adresa Peterburga. 2004. No. 15/27. Pp. 94–99. (rus)

19. Shmelev A.A. Druzhnosele of Vitgenstainov. The lost house [Druzhnosel'e Vitgenshtejnov. Poteryannyj dom]. Russkaya usad'ba: sbornik Obshchestva izucheniya russkoj usad'by. 2009. No. 15 (31). Pp. 400–405. (rus)

20. Rozhdestvenskii S. Century of Gatchina. First volume. Historical information. [Stoletiegoroda Gatchiny. Tom pervyj. Istoricheskie svedeniya. Gatchina: Gatchinskoe dvorcovoe upravlenie, 1896. 436 p. (rus)

21. Glinka N.V. Leningrad district. Historical essay [Leningradskaya oblast'. Istoricheski ocherki]. SPb: Avror, 2017. 160 p. (rus)

22. Central State Historical Archive of St. Petersburg. f. 262, op. 29, d. 316a. (rus)

23. Pylyaev M.I. The forgotten past of the surroundings of St. Petersburg. [Zabytoe proshloe okrestnostej Peterburga]. SPb: Paritet, 2018. 528 p. (rus)

24. Luchinskij A.A., Nikitin N.V. Siversk county estate along the Warsaw railway (re-edition of book of 1910) [Siverskaya dachnaya mestnost' po Varshavskoj zheleznoj doroge (pereizdanie knigi 1910 g.)]. Gatchina: ANO DO «SCDB», 2013. 80 p. (rus)

25. Burlakov A.V. Writings of Gatchina local history student. First edition. [Zapiski Gatchinskogo kraevedy. Kniga pervaya]. Gatchina: NChOY NPO SPU im. Dona Bosko, 2012. 239 p. (rus)

26. Chistyakova T.N. Silver ring of Russia. [Serebryanoe kol'co Rossii]. SPb: Kul'turno-prosvetitel'skoe tovarishchestvo, 2015. 36 p. (rus)

27. Gusarov A.Yu. South-west country estates of Saint-Petersburg. History, architecture, country life. [Yugo-zapadnoe predmest'ya Peterburga. Istoriya, arhitektura, dachnaya zhizn']. SPb: Paritet, 2015. 368 p. (rus)

28. Roosevelt Pr. Life on the Russian Country Estate: a Social and Cultural History. Yale University Press. London, 1995. 384 p.

Information about the authors

Shuvaeva, Evgenia Yu. Postgraduate student. E-mail: e.u.shuvaeva@mail.ru. Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Received in October 2019

Для цитирования:

Шуваева Е.Ю. Формирование загородной усадебной застройки XVIII – начала XX вв. на примере Гатчинского района Ленинградской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 85–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-85-93

For citation:

Shuvaeva E.Yu. Formation of country estate development of the XVIII-early XX centuries on the example of gatchinsky district in Leningrad region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 85–93. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-85-93

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-94-101

Михайлов А.В.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4
E-mail: kgiop501@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ ОХРАНЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ТИПА «ЖИЛЫЕ ДОМА»

Аннотация. Введенное в российском законодательстве понятие «предмет охраны» является основополагающим при выполнении работ по сохранению и приспособлению объектов культурного наследия для современного использования. Актуальность темы обусловлена тем, что для сохранения объекта культурного наследия необходимо в полном объеме иметь предметы охраны данного объекта, так как они характеризуют его особенности и ценность. Цель выявить особенности объектов культурного наследия и на основании их предложить дополнительные предметы охраны необходимые для их сохранения. Аналитическим методом анализируются существующие предметы охраны объектов культурного наследия и систематизируются. В работе рассматриваются проблемы, связанные с определением предмета охраны в соответствии с действующим законодательством по охране объектов культурного наследия для типа «жилые дома». «Жилые дома» – характерно для городских (в том числе пригородных) центров городской застройки. Автором статьи проведен анализ публикаций по данной тематике, а также предложена укрупненная систематизация предметов охраны, акцентируя внимание на наименее проработанных и наиболее проблемных аспектах, а именно - градостроительных и нематериальных характеристиках. Предложены предметы охраны для данного типа «жилые дома» с учетом их особенностей, расположения в городской среде, композиционной составляющей, визуальных направлений и нематериальных характеристик объектов.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, предметы охраны объекта культурного наследия, объемно-пространственная композиция, жилые дома, архитектурная стилистика.

Введение. Складывающаяся в Российской Федерации система охраны объектов культурного наследия подразумевает детализацию данного объекта для его приспособления. В Европейской практике доминирующим является мнение специалиста определяющего ценность памятника. Именно специалист в конечном итоге принимает решение о том, что хорошо для объекта или какие изменения приведут к изменению ценностных характеристик объекта [1, 2].

В Российской Федерации порядок принятия решений в отношении преобразования объекта культурного наследия существенно отличается от европейского. Формально он максимально независим от субъективного мнения специалиста и скорее является результатом реализации алгоритма, предусмотренного действующим законодательством. Есть несколько последовательных этапов в реализации данного алгоритма одним из которых является установление предметов охраны для объектов культурного наследия [3, 4].

Чем максимально подробно прописаны предметы охраны, тем в полной степени мы сможем сохранить объект культурного наследия. Предметы охраны можно трактовать, как перечень особенностей. Исходя из основных качественных характеристик и архитектурных особенностей объекта недвижимости можно полностью определить предмет охраны объекта. Для

этого необходимо описать объект с точки зрения архитектурных элементов, градостроительного местоположения объекта, истории, археологии, эстетики, искусства, науки и техники, этнологии или антропологии и социальной культуры. Объект культурного наследия носитель информации, те характеристики, которые будут зафиксированы и останутся нетронутыми важны для нас, как максимально передающие особенности объекта [4–6].

Не смотря на наличие до сих пор множества дискуссий о вреде или пользе расчленения объекта на составляющий его предмет охраны, я, руководствуясь нормами действующего законодательства об охране объектов культурного наследия, а также своими наработками по подготовке методики определения предмета охраны для объектов культурного наследия предпринял попытку укрупненной систематизации предметов охраны, акцентируя внимание на наиболее проблемных аспектах градостроительных и нематериальных характеристик, в том числе: 1. Нематериальное значение предмета охраны; 2. Нематериальные атрибуты предмета охраны; 3. Способы или методы сохранения нематериальных атрибутов [6–10]

Материалы и методы. Аналитическим методом анализируются существующие предметы

охраны объектов культурного наследия и систематизируются. [11, 12] Если рассмотреть публикации последних пяти лет, то можно зафиксировать что в основном это публикации с юридическим контекстом и связаны с привлечением к уголовной и административной ответственности при выполнении работ на объектах культурного наследия с нарушением (например, В.А. Данилов «Уголовно-правовая охрана предметов, имеющих особую научную, историческую и художественную ценность»; И.В. Богомяков «Предмет охраны объекта культурного наследия: земельно-правовой аспект»). Ложкин А.Ю. из Новосибирского государственного университета архитектуры, дизайна и искусств (Кафедра основ архитектурного проектирования, истории архитектуры и градостроительства) в своих публикациях рассматривает предметы охраны с точки зрения установления их для достопримечательного места и оценки объектов конструктивизма.

Основная часть. Одним из наиболее часто встречающихся в городской среде (в том числе в исторических центрах городских пригородов) типов объектов культурного наследия, в отношении которых предметы охраны наименее осмысленны и проработаны, являются «Жилые дома».

Анализируя существующие предметы охраны «Жилые дома» можно сделать вывод, что для данного типа объектов устанавливаются только следующие типы предметов охраны:

- Архитектурно-художественное решение объекта;
- Объемно планировочное решение объекта;
- Конструктивная система объекта;
- реже определяется Пространственно-планировочное решение в градостроительном контексте.

Дом Г. К. Кейзерлинга (М. С. Дружининой) Санкт-Петербург, Василеостровский район, Лейтенанта Шмидта наб., 7; Академический пер. 18 (рис. 1).



Рис. 1. Фото дома Г.К. Кейзерлинга с Лейтенанта Шмидта наб. (А.В. Михайлов, 2017 год)

На участке – 2 лицевых дома, вошедшие во фронт ступенчатой застройки наб. Лейтенанта Шмидта и Академического пер., и восточный дворовый флигель (рис. 1) [13, 14]. Дом по набережной – 2-этажный, на погребах, перекрытых кирпичными сводами. Стены кирпичные, оштукатуренные. Цоколь известняковый. Композиция 9-осевого фасада симметричная, с центральным 3-осевым ризалитом с арочным порталом и балконом по оси симметрии. Симметричные оси акцентированы проемами с профилированными наличниками, сандриками, балюстрадами, рельефными вставками. Архитектурно-пластическое оформление дополняют рустовка цоколя, тяги, карниз с иониками, кровельная балюстрада. Дом по переулку – 3-этажный, на подвале, со сводчатым проездом. Стены кирпичные, оштукатуренные. Цоколь известняковый. Композиция 9-осевого фасада центричная (ризалит, арочный проезд) с лаконичным оформлением (тяги, наличники с ушками, карниз), искажена утратой сандриков, карнизного пояса иоников, аттика. Дворовый флигель – 3-этажный, на подвале. Стены кирпичные, оштукатуренные. Цоколь известняковый. Флигель сопряжен с лицевым домом через 1-осевую объем лестничной клетки.

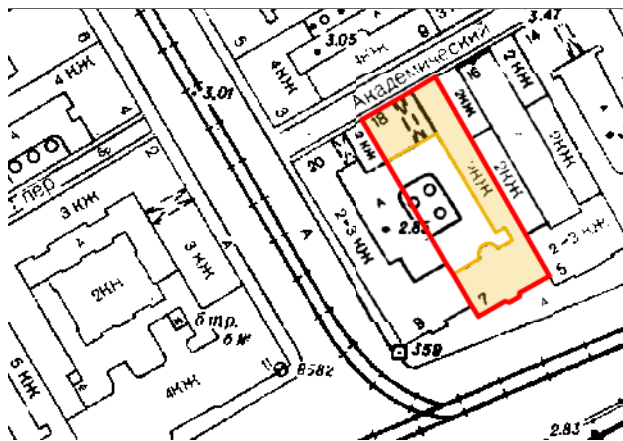


Рис. 2. Схема с обозначением рассматриваемого объекта дом Г.К. Кейзерлинга

История участка: Дом по набережной построен в 20-х гг. XVIII в. по образцовому проекту, при владельце Г.К. Кейзерлинге. В начале XIX в. получил классицистическое оформление фасада, арх. не известен. В 1863 г., при владелице М.С. Дружининой, устроен 3-осевой выступ лестничной клетки со стороны двора, фасад получил новое оформление, произведены внутренние перестройки. Арх. Н.Н. Ковригин [15, 16]. В 1965 г. заменены междуэтажные и чердачные перекрытия, утрачена часть декора лицевого фасада. В 1979 г. произведена частичная перепланировка помещений. Дом по переулку построен в 1863 г., арх. Н.Н.Ковригин. В 1965, 1979 гг. произведены внутренние перепланировки с заменой перекрытий. Дворовый флигель построен в конце

XVIII в. В 1863 г. пристроен 8-осевой северный объем с тремя широкими арками. В 1965, 1979 гг. произведены внутренние перепланировки с заменой перекрытий.

Градостроительная и архитектурная ценность: Дом по набережной – образец жилой постройки, сохранившей 9-осевую структуру фасада 20-х гг. XVIII в. при более позднем оформлении; формирует исторический облик одной из основных магистралей города – наб. р. Невы. Дом по Академическому пер. формирует исторический облик этого переулка, обеспечивающего проезд во внутренние дворы.

Предметы охраны: границы межевания, габариты корпусов, композиция и декор лицевых фасадов, форма проемов, лестницы в лицевых корпусах (объемно-пространственное решение, конструкции, ограждение), своды в корпусе по набережной.

Дом А.П. Романова. Санкт-Петербург, Центральный район, Восстания ул., 23; Солдатский пер., 1



Рис. 3. Фото дома А.П. Романова
(А.В. Михайлов, 2017 год)

На участке расположено здание, состоящее из разновысотных корпусов: лицевые корпуса, 5-ти этажные, кирпичные на цоколе из путиловского известняка; корпус – дворовый 4-х этажный, кирпичный, оштукатуренный на цоколе из путиловского известняка; корпус – дворовый – 5-ти этажный (1-й этаж – несущая стена с аркой проезда), кирпичный оштукатуренный.

Лицевые фасады решены аналогично и имеют единое архитектурно-композиционное решение в стиле «эkleктика». Фасад оштукатурен с использованием керамической плитки в отделке. Угол срезан и акцентирован эркером 2-4 этажей завершенным балконом с кованой решеткой

ограждения. Архитектурная композиция центрально-симметричная. Лицевой фасад по ул. Восстания решен на 12 оконных осях. По 1 и 11-12 осям раскрепован. Креповки акцентированы высокими щипцами. 5-7 оси так же акцентированы креповкой и аттиком сложной формы. 6-я ось акцентирована дверным проемом, оформленным порталом и балконами 2, 3 и 4 этажей с коваными решетками ограждения. Лицевой фасад по Солдатскому пер. решен на 12 оконных осях. 1, 5-7 и 11-12 оси раскрепованы. Боковые креповки акцентированы высокими щипцами, центральная креповка акцентирована аттиком сложной формы и проемом проезда по 6-й оси. В художественном оформлении фасадов используются элементы лепного штукатурного декора: лопатки рустованные, пилястры композитного ордера, филенки с лепным орнаментом, маскароны, гирлянды, замковые камни, междуэтажные тяги, венчающий карниз с сухариками, кронштейны, гладкий ленточный руст. Для создания геометрического орнаментального рисунка на фасадах использована цветная керамическая плитка.

История застройки участка. Здание построено по проекту 1902г. гражд. инж. Б.Я. Зонна со сносом существовавших строений. [14, 15, 17]

Градостроительная ценность. Элемент исторической застройки ул. Восстания и Солдатского пер. Формирует их пересечение. Градостроительный акцент местной значимости. Архитектурная ценность. Пример доходного дома нач. XX века лицевые фасады и интерьеры, которого решены в стиле «поздней эkleктики». Предметы градостроительной охраны. Границы межевания участка. Периметральный, брандмауэрный тип застройки участка. Расположение лицевых корпусов по красным линиям. Расположение дворовых корпусов по границе участка. Объемно-пространственное решение и габариты корпусов 1 и 2. Пятно застройки корпусов 3 и 4. Предметы архитектурной охраны. Комплексное архитектурно-композиционное и художественное решение лицевых фасадов, включая кованую решетку ограждения балконов.

Объемно-пространственное решение и конструкция лестничных клеток корпусов 1 и 2. Элементы ценной отделки интерьеров лестничной клетки корпуса 1: резной деревянный тамбур, включая полотна дверей; покрытие пола керамической плиткой с рисунком, лепной штукатурный декор стен и потолка, металлическая решетка ограждения лестничных маршей. Элементы ценной отделки интерьеров лестничной клетки корпуса 2: металлическая решетка ограждения лестничных маршей, лепные штукатурные филенки на стенах и потолке. Элементы ценной

отделки интерьеров ряда квартир. Лестница корпуса 3 по «шведским сводикам».

Дом Е.Н. Зуевой: Санкт-Петербург, Адмиралтейский район, Садовая ул., 116



Рис. 4. Фото дома Е.Н. Зуевой
(А.В. Михайлов, 2017 год)

4-этажный кирпичный оштукатуренный дом на цоколе из известняковой плиты, входит во фронт уличной застройки. В 1840 г. арх. К.В. Винклер возвел каменный четырехэтажный жилой корпус 1 (лицевое здание с дворовым флигелем) [14, 15]. В 1982 г. дом прошел капитальный ремонт.

Лицевой фасад сохранил характер позднего классицизма (фото).

Предметы охраны: габариты корпуса 1, композиция и архитектурный декор лицевого фасада, композиция, конструкция (с каменным столбом), элементы металлического ограждения маршей парадной лестничной клетки корпуса 1.

Пример типовой застройки жилых кварталов позднего классицизма.

Жилой дом Экспедиции заготовления государственных бумаг Санкт-Петербург, Адмиралтейский район, Курляндская ул., 1, Дровяная ул., 3, Ревельский пер., 5.



Рис. 5. Фото жилого дома Экспедиции заготовления государственных бумаг Санкт-Петербурга
(А.В. Михайлов, 2017 год)

6-этажный на высоком подвале кирпичный оштукатуренный дом, с новым цементным цоколем, занимающий часть квартала.

К 1844 г. на участке существовала деревянная и каменная застройка. В 1915 г. арх. Г.Г. фон Голи построил корпус, включивший в себя более ранние постройки. В 1990-х гг. дом прошел капитальный ремонт [14, 15, 17].

Лицевой фасад по Курляндской улице в 26 осей, симметричной композиции, подчеркнутой двумя боковыми ризалитами со щипцами и двумя центральными ризалитами, и торцевые фасады по 17 осей, асимметричной композиции, с тремя ризалитами со щипцами, решены в стиле сдержанного модерна (фото).

Предметы охраны: габариты здания, композиция и архитектурный декор фасадов, в том числе, лепные вставки-картуши между 3, 4 и 5 этажами.

Пример монументального жилого дома с хорошо сохранившимися фасадами, формирующего рядовую застройку улицы и фиксирующего пересечение Курляндской улицы с Дровяной улицей и Ревельским переулком.

Дом Е.Н. Корево Санкт-Петербург, Адмиралтейский район, Средняя Подъяческая ул., 11.



Рис. 6. Фото дома Е.Н. Корево
(А.В. Михайлов, 2017 год)

4-этажный кирпичный оштукатуренный дом на утепленном цоколе из известняковой плиты, расположенный на рядовом участке.

Первоначальная застройка участка относится к концу XVIII-началу XIX вв. К 1829 г. существовала периметральная каменная застройка, в том числе, каменный жилой корпус 1 и двухэтажный флигель 2. В 1829 г. арх. Шретер перестроил флигель 2 и возвел двухэтажные флигели 3,4 (позже надстроены до четырех этажей) [17, 18, 19, 20]. В 1902 г. гражд. инж. В.А.Лучинский перестроил корпус 1 (возможно, с надстройкой

четвертым этажом) и надстроил флигель 2 до четырех этажей.

Лицевой фасад в 9 осей, с симметричной композицией, подчеркнутой проездной аркой и балконом, имеет слабо выраженные черты классицизма (фото).

Предметы охраны: планировка и объемно-пространственная структура участка, габариты двора, габариты корпуса 1, композиция и архитектурный декор лицевого фасада, в том числе, чугунные кронштейны балкона, композиция, конструкция («в стенах») и элементы комплексной отделки парадной лестничной клетки корпуса 1.

Двор сохранил габариты первой трети XIX в. Здание входит во фронт застройки улицы.

Выводы:

1. Нестыковка требований Закона «Об охране объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 №73-ФЗ и Жилищного Кодекса Российской Федерации.

2. Необходимость государственных дотаций на реставрационные работы на объектах, так как жильцы в полном объеме не способны обеспечить достаточный уровень финансирования реставрации, так как сбор на капитальный ремонт и содержание и общедомового имущества, не предполагает реставрационной нагрузки.

3. Если бы в Санкт-Петербурге был один жилой дом объект культурного наследия и в нем жили состоятельные люди, то они могли бы содержать его в должном состоянии, однако в нашем городе большое количество жилых домов – памятников, в котором проживают люди с разным уровнем дохода и до настоящего времени сохранились коммунальные квартиры.

4. Существует так же проблема ограниченного доступа к жилым помещениям и в результате их не полная фиксация (так как есть право частной собственности) и как следствие отсутствие перечня предметов декоративно прикладного искусства и неточность в описании предметов охраны.

5. Отсутствие фиксации нематериального значения объекта, как для истории города/района/квартала, и популяризации данного фактора и как следствие обезличивание объекта культурного наследия. При этом каждый дом может быть «домом с лицом».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТОО "Ассоциация исследователей Санкт-Петербурга". Методические указания по проведению градостроительной, историко-культурной и технико-экономической экспертизы недвижимых объектов, состоящих под государственной

охраной, в порядке подготовки их к приватизации. СПб. 1997.

2. Славина Т.А. Предмет охраны. К вопросу об охране и использовании природно-культурного наследия. // Памятники истории и культуры Санкт-Петербурга: Исследования и материалы. Вып. 4. СПб: Белое и черное. 1997. С. 10–23.

3. Гришин С.Ф. Строительные конструкции как предмет охраны исторической застройки // Недвижимость: экономика, управление. №6. 2003г. С. 8–9.

4. Закон «Об охране объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 №73-ФЗ.

5. Михайлов А.В. Определение предметов охраны для объектов археологии, на примере «Нижней дачи» в парке Александрия // Международный научно-исследовательский журнал. Екатеринбург. 2017. №10(64). С. 125–128.

6. Михайлов А.В. Основные направления эволюции потребности сохранения объектов культурного наследия. Сохранение нематериальных особенностей // РГПУ им. А.И. Герцена в VI Международной научно-практической конференции «Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие». СПб. 2017. С. 69–72

7. Семенцов С.В., Михайлов А.В. Принципы сохранения исторической среды и принципы сохранения нематериальных атрибутов объектов культурного наследия // Магистерские слушания : сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции "Магистерские слушания" в рамках VII Межрегионального творческого форума "Архитектурные сезоны в СПбГАСУ". 18–21 апреля 2017 г. 2017. С. 74.

8. Михайлов А.В. Особенности определения предметов охраны для объектов типа «гидротехнические сооружения» // Сборник научных трудов по материалам XVI международной научной конференции «Научные диалог: Молодой ученый» 22 апреля 2018 г. Изд. ЦНК МНИФ «Общественная наука». часть 2. 2018. С. 43–46.

9. Михайлов А.В. Особенности определения предметов охраны для объектов типа «дорожно-транспортной инфраструктуры» // Тенденции развития науки и образования. 2018. №43. С. 76–79.

10. Михайлов А.В. Перспективы установления дополнительного правового регулирования исторических ландшафтов и произведений ландшафтной архитектуры в России // Материалы

научной конференции «Музейная жизнь дворцовых садов и парков» 14 ноября 2018 г. Изд. ООО «Дом Цвета». 2018. С. 232–235

11. Кедринский А.А. Основы реставрации памятников архитектуры. М.: Изобразительное искусство, 1999. 320 с.

12. Лобанова В.В. Информационное обеспечение формирования предмета охраны объекта недвижимости «с точки зрения истории» [Электронный ресурс] // Объединенная международная научно-практическая конференция «Электронный век культуры» и «EVA 2013 Москва» 19 – 22 ноября 2013 г. <https://eva.rsl.ru/ru> (дата обращения 12.09.2019).

13. Пыляев М.И. Старый Петербург. Рассказы из былой жизни столицы. М.: Директ-Медиа, 2007. 817 с.

14. Цылов Н.И. Атлас тринадцати частей С.-Петербурга с подробным изображением набережных, улиц, переулков, казенных и обывательских домов Санкт-Петербурга, 1849. 392с.

15. «Историческая застройка Санкт-Петербурга». Перечень вновь выявленных объектов, представляющих историческую, культурную ценность. Справочник. Под редакцией Кирикова Б.М. «Альт-Софт», 2001. 42 с.

16. Гинзбург А.М., Кириков Б.М. Архитекторы-строители Санкт-Петербурга середины XIX-начала XX века. СПб.: Пилигрим, 1996. 395 с.

17. Кириков Б.М., Николаева Т.И. Памятники архитектуры и истории Санкт-Петербурга: Адмиралтейский район. Барокко и классицизм. Санкт-Петербург: Коло, 2012. 381 с.

18. Барановский Г.В. Архитектурная энциклопедия второй половины XIX века Москва: Изд-во В. Шевчук, 2015. 290 с.

19. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины и второй половины XIX века. Санкт-Петербург: Крига, 2009. 350 с.

20. Николаева Т.И. Виктор Шретер. Иероним Китнер. Санкт-Петербург: Коло, 2007. 398 с.

Информация об авторах

Михайлов Алексей Владимирович, аспирант кафедры архитектурного и градостроительного наследия, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, E-mail: kgiop501@yandex.ru, Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4; заместитель председателя Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга, Россия, 191023, Санкт-Петербург, пл. Ломоносова д. 1.

Поступила в сентябре 2019 г.

© Михайлов А.В., 2019

Mikhailov A.V.

*St. Petersburg State University of Architecture and Engineering,
190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya, 4
e-mail: kgiop501@yandex.ru*

SPECIFIC OF THE DEFINITIONS OF PROTECTED VALUE FOR CULTURAL HERITAGE MONUMENTS ON THE TYPE OF «DWELLING BUILDING»

Abstract. The concept of “protected value” introduced in Russian legislation is fundamental for preservation works and adaptation for modern usage of cultural heritage monuments. The relevance of the topic is explained with the fact that in order to preserve the cultural heritage monuments, it is necessary to understand all aspects of the protected value of the site because it includes its all specific characteristics. The purpose is to identify the characteristics of cultural heritage sites and to offer additional elements of protection that necessary for their preservation. The analytical method analyzes and systematizes the “protected value” of cultural heritage monuments. The paper discusses the issues associated with the determination of the subject of protection in accordance with the current legislation on the preservation of cultural heritage sites for the type of “dwelling buildings”. Dwelling buildings are typical for urban (including suburban) centers. The author analyzes publications on this subject and proposes an integrated systematization of protected value, focusing on the least developed and most problematic aspects, also urban and intangible characteristics. Taking into account the specific characteristics of the dwelling building including location in the urban landscape, compositional component, visual directions and intangible characteristics of sites special preservation restrictions are proposed.

Keywords: cultural heritage sites, monuments, protected value of the of cultural heritage monument, spatial structure, architecture composition, dwelling buildings.

REFERENCES

1. "Association of St. Petersburg researchers". Guidelines for conducting urban planning, historical, cultural and technical-economic examination of immovable objects, which are under state protection, in order to prepare them for privatization. [Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu gradostroitel'noj, istoriko-kul'turnoj i tekhniko-ekonomicheskoy ekspertizy nedvizhimyh ob'ektov, sostoyashchih pod gosudarstvennoj ohranoj, v poryadke podgotovki ih k privatizacii] SPb. 1997. (rus)
2. Slavina T.A. Subject of protection. To the question of the protection and use of natural and cultural heritage. Monuments of history and culture of St. Petersburg: Research and materials. [Pamyatniki istorii i kul'tury Sankt-Peterburga: Issledovaniya i materialy]. Edition 4, SPb: White and black. 1997. Pp. 10–23. (rus)
3. Grishin S.F. Building structures as a subject of protection of historical buildings [Stroitel'nye konstrukcii kak predmet ohrany istoricheskoy zastroyki]. Estate economy and management. 2003. No. 6. Pp. 8–9. (rus)
4. The Law "On the Protection of Objects of Cultural Heritage (Monuments of History and Culture) of the Peoples of the Russian Federation" dated June 25, 2002. No. 73-fl. (rus)
5. Mihaylov A.V. The definition of objects of protection for objects of archeology, on the example of the "Lower Cottage" in the park of Alexandria [Opredelenie predmetov ohrany dlya ob'ektov arheologii, na primere «Nizhney dachi» v parke Aleksandriya]. International Research Journal. Yekaterinburg. 2017. No. 10(64). Pp. 125–128. (rus)
6. Mihaylov A.V. The main directions of evolution of the need to preserve cultural heritage. Preservation of intangible features [Osnovnye napravleniya evolyucii potrebnosti sohraneniya ob'ektov kul'turnogo naslediya. Sohranenie nematerial'nyh osobennostey]. Rossiyskiy universitet im. Gercena, VI Mezhdunarodnaya nauchnaya y prakticheskaya konferencia «Prirodnoe i kul'turnoe nasledie: mezhdisciplinarnye issledovaniya, sohraneniye i razvitiye». SPb. 2017. Pp. 69–72 9 (rus)
7. Semencov S.V., Mihaylov A.V. The principles of preserving the historical environment and the principles of preserving the intangible attributes of objects of cultural heritage [Principy sohraneniya istoricheskoy sredy i principy sohraneniya nematerial'nyh atributov ob'ektov kul'turnogo naslediya]. Master meetings: Digest of materials from the interregional scientific and practical conference "Master's meeting" in the framework of the VII Interregional Creative Forum "Architectural Seasons" in SPbGASU ". April 18–21, 2017. Pp. 74
8. Mihaylov A.V. Features of defining protection items for objects of the type "hydraulic structures" [Osobennosti opredeleniya predmetov ohrany dlya ob'ektov tipa «gidrotehnicheskie sooruzheniya»]. Sbornik nauchnih trudov po materialam nauchnoy konferencii «Nauchnye dialog: Molodoy uchenyy» 22 aprelya 2018 g. Izd. CNK MNIF «Obschestvennaya nauka». chast' 2. 2018. Pp. 43–46. (rus)
9. Mihaylov A.V. Features of the definition of protection items for objects such as "road transport infrastructure" [Osobennosti opredeleniya predmetov ohrany dlya ob'ektov tipa «dorozhno-transportnoy infrastruktury»]. Tendencies of the development and education. 2018. No. 43. Pp. 76–79. (rus)
10. Mihaylov A.V. Prospects for establishing additional legal regulation of historical landscapes and landscape architecture works in Russia [Perspektivy ustanovleniya dopolnitel'nogo pravovogo regulirovaniya istoricheskikh landshaftov i proizvedeniy landshaftnoy arhitektury v Rossii]. Materiali nauchnoy konferencii «Muzeynaya zhizn' dvorcovyh sadov i parkov» November 14, 2018 Izd. OOO «Dom Cveta». 2018. Pp. 232–235. (rus)
11. Fundamentals of restoration of architectural monuments, M.: Fine Arts, 1999. Pp 320.
12. Lobanova V.V. Information support for the formation of the subject of protection of a real estate object "from the point of view of history" [Informacionnoe obespecheniye formirovaniya predmeta ohrany ob'ekta nedvizhimosti «s tochki zreniya istorii»] [Elektronnyy resurs]// Ob'edinennaya nauchno-practicheskaya konferencia «Elektronnyy vek kul'tury» i «EVA 2013 Moskva» 19–22 of November, 2013. <https://eva.rsl.ru/ru> (data obrascheniya 12.09.2019) (rus)
13. Pylyayev M.I. The forgotten past of the surroundings of St. Petersburg [Rasskazy iz byloj zhizni stolitsy] L.: Lenizdat, 1996. 670 Pp
14. Tsylov N.I. Atlas of thirteen parts of St. Petersburg with a detailed image of embankments, streets, lanes, bureaucratic and philistine houses St. Petersburg [Atlas trinadcati chastej S.-Peterburga s podrobnym izobrazheniem naberezhnyh, ulic, pereulkov, kazennyh i obyvatel'skih domov Sankt-Peterburg]. 1849. Pp. 392. (rus)
15. "Historical buildings of St. Petersburg" [«Istoricheskaya zastrojka Sankt-Peterburga»]. The list of newly identified objects of historical, cultural value. Guide under edition of Kirikova B.M. «Al't-Soft», 2001. Pp. 42. (rus)
16. Architects-builders of St. Petersburg in the middle of the XIX-early XX centuries. [Arhitektory-

stroiteli Sankt-Peterburga serediny XIX-nachala XX veka] SPb, 1996. 395 p. (rus)

17. Monuments of architecture and history of St. Petersburg: Admiralteysky district. Baroque and classicism. [Pamyatniki arhitektury i istorii Sankt-Peterburga: Admiraltejskij rajon. Barokko i klassicizm. Sankt-Peterburg] St. Petersburg: Kolo, 2012. Pp. 381. (rus)

18. Baranovskiy G.V. Architectural Encyclopedia of the Second Half of the 19th Century

[Arhitekturnaya enciklopediya vtoroj poloviny XIX veka] Moscow: V. Shevchuk Publishing House, 2015. Pp. 290.

19. Punin A.L. Architecture of St. Petersburg in the middle and second half of the XIX century. [Arhitektura Peterburga serediny i vtoroj poloviny XIX veka] St. Petersburg: Kriga, 2009. Pp. 350

20. Nikolaeva T.I. Victor Shreter. Jerome Kitner. St. Petersburg: Kolo, 2007. Pp. 398.

Information about the authors

Mikhailov, Alexey V. Graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. E-mail: kgiop501@yandex.ru. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya, 4. Deputy chairman of the Committee for State preservation of historical and cultural Monuments Petersburg. Russia, 191023, St. Petersburg, Lomonosov square, 1.

Received in September 2019

Для цитирования:

Михайлов А.В. Особенности определения предметов охраны для объектов культурного наследия типа «Жилые дома» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 94–101. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-94-101

For citation:

Mikhailov A.V. Specific of the definitions of protected value for cultural heritage monuments on the type of «Dwelling building». Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 94–101. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-94-101

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-102-111

Иваненко О.А., *Белова А.Ю.*Академия архитектуры и искусств. Южный Федеральный Университет**Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42***E-mail: belova84@list.ru*

ТРАДИЦИЯ И НОВАТОРСТВО В АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗЕ НЕКОТОРЫХ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ ЮЖНО-РОССИЙСКОГО РЕГИОНА

Аннотация. *Статья носит аналитический характер и посвящена рассмотрению актуальных вопросов о проблемах современного православного храмостроения южно-российского региона на примере Кафедрального собора святого равноапостольного великого князя Владимира в г. Сочи и храма во имя святого Апостола Иоанна Богослова в ст. Куцевская, Краснодарского края.*

Постановка проблемы исследования заключается в выявлении традиционных и новаторских элементов архитектурно-художественного образа храмов. Проводиться архитектурно-художественный и композиционный анализ архитектуры двух современных православных храмов южного региона. Дается характеристика архитектурного образа храма, выявляется соотношение традиции и новаторства. На представленных примерах, методом сравнительного анализа проведен подробный разбор храмов по композиционным, конструктивным, художественным, стилистическим характеристикам архитектуры.

Представлены выводы о создании архитектурных образов православных храмов применительно к исследуемым примерам, о влиянии традиционных исторических тенденций на современный облик культовых сооружений. Каждый храм имеет совершенно индивидуальный современный архитектурно-художественный образ, различные конструктивные решения и градостроительные и климатические условия возведения. Использованы совершенно разные строительные материалы, и личные предпочтения создателей. Но их объединяют некоторые общие принципы символического церковного вероучения.

Сделаны предположения о возможных путях дальнейшей эволюции работы архитектора православной храмовой архитектуры в современных условиях.

Ключевые слова: *храмостроительство, архитектурный образ, традиция, новаторство, южный регион, «куцевский Исаакий», кафедральный собор.*

Введение. В последние годы XX столетия и начала XXI века, у большинства людей культуры и искусства, архитекторов и строителей, и у всех неравнодушных людей, очень остро стоит вопрос бережного сохранения преемственности, как фундамента цивилизационных процессов в эволюции архитектуры и храмостроения, где ключевой проблемой является поиск образного решения культового сооружения. Эта тема актуальна и неизбежно порождает, особенно в среде ученых и специалистов-практиков, необходимость критического осмысления, глубинного анализа, сверки с богословскими основаниями того, что было сделано за вековой период. Сегодня данная тема освящена в многочисленных исследованиях в области храмостроения и истории церковной архитектуры, такими авторами как: Шонин А.В., Соколова Т.Б., Требунских А.В., Коренькова Г.В., Черныш Н.Д., Митякина Н.А., Черныш, Н.Д. [1–4]. К примеру, Есауловым Г.В., в статье «Православный храм и инженерия», поднимается вопрос о совмещении создания новых решений образа православного храма с современной инженерией храмостроения и смене приемов формообразования [5]. В монографии Беляева

В.Ю. анализируются исторические пути храмового зодчества и предлагаются концепции православного храма будущего [6]. Ряд немногочисленных трудов посвящен рассмотрению региональной специфике храмостроения, например, казачьих традиций [7]. Гамма оптимистических поисков в православном храмостроении очень разнообразна. Ставшее изначально условие связи традиций, как продолжение воспроизведения сложившихся в Российской империи образов, все чаще вызывает дискуссии по вопросам соотношения традиций и новаторства.

«Традиция церковного строительства, как и многие другие традиции в дореволюционной России, была прервана на 70 лет [8, с.16]». Еще русский философ Иван Ильин писал о том, что главным тяжелым и опасным наследием революций в России является утрата истинного академического уровня [9].

Соответственно в начале 21 века началось восстановление традиции церковного строительства практически с нуля. Андрей Иконников в книге «Художественный язык архитектуры» писал о том, что появившийся разрыв между тем-

пами материального прогресса и духовным развитием человека можно восполнить, обращаясь к мощным пластам культуры прошлого, используя их для строительства будущего [10]. Но, тем не менее, все больше проявляется отход от традиционного стиливого проектирования, что приводит к потере свойственного в архитектуре пространственности форм и утрате символического образа.

А символический художественный образ в архитектуре храма является основополагающим символом христианской веры, соответственно внешний облик храма должен демонстрировать ни какую-либо архитектурную концепцию, а фундаментальные ценности православного вероучения.

Для верующих храм – это модель мироздания, в его убранстве воплощается представление о красоте мира земного и непостижимом величии мира небесного.

Проблема образа современного храма стоит очень остро и открыто, затрагивается все больше, хотя в последние годы наметились тенденции по обсуждению данной проблемы исследователями, архитекторами и церковью. Проводятся разные конкурсы и разработаны проекты, например: Международный конкурс проектов русского культурного и духовного центра в Париже 2010г, Инновационный проект православного храма из дерева 2011г, разработана проект «200 храмов» (Москва). В настоящее время уделяется даже внимание разработке модульной системе проектирования храма с изменяемыми архитектурными элементами. Такие проекты уже осуществлены в Москве [11, с.135].

Все это обнажает множество проблем. Святейший Патриарх Московский и всея Руси Кирилл, выступая на пленарном заседании IV Рождественских парламентских встреч в Совете Федерации ФС РФ в 2016 году, определил соотношение традиции и новации как «один из самых важных вопросов, от решения которых зависит развитие человеческого общества [12].

Архитектурный образ является синтезированным проявлением религиозно-эстетических функций и идей, культурных и национальных особенностей. Кроме того, в каждый конкретно-исторический период культовые объекты строились на основе современных для того периода строительных технологий и материалов, что привело к появлению богатейшего наследия в культовом зодчестве и православном храмостроении как его составляющей. Не случайно принято считать, что в архитектуре храмов отражена эпоха в целом. А значит современная эпоха должна рождать новые современные формы, которые берут

начало в архитектурном наследии и предоставляет возможность переносить содержание (идеи храма как дома бога на земле) в новое время [13, С. 341–343].

Объектом исследования является архитектура двух храмов южного региона.

Цель исследования заключается в рассмотрении архитектурно-художественного образа и выявление традиционных элементов решения возводимых зданий на примерах объектов культового назначения, построенных в южном регионе в 1996 году и в 2011 году, в тенденциях современного храмостроения, так же, на примере рассмотренных объектов, подчеркнуть значимость и предпочтительность метода современного храмостроения как правильное взаимодействие традиционного и новаторского начал.

Задача исследования заключается в установлении влияния элементов традиций на современный архитектурно-художественный образ выбранных храмов.

Методология. Метод исследования основан на архитектурно-художественном анализе и сравнительно-историческом анализе.

Основная часть. Сегодняшняя архитектурная система ценностей, которая основывается на теории архитектуры XX века, не вполне подходит для создания концепции формирования образа православного храма. В настоящее время в профессиональном сообществе новаторство в эстетике является главной целью, а его залогом архитектор видит часто отрицание традиций.

Чтобы определить верный архитектурный подход для решения обозначенной проблемы, следует обращаться не к архитектурным концепциям и теориям, а к наследию прошлого и православному богословию.

Одно из рассматриваемых зданий – Кафедральный собор Святого равноопольстовского князя Владимира располагается в центральном районе города Сочи на улице Виноградной (Рис.1). Возвышенность (гребень и склон гор Виноградной), на которой построен храм, позволяет видеть купола из разных мест города. Храм возводили в течение пяти лет по проекту архитектора Дмитрия Сергеевича Соколова, освящение состоялось в 2011 году. Храм был назван в честь князя Владимира, с чьим именем связано крещение Руси в 988 году. Необычная история строительства данного объекта. На месте строительства был уже вырыт глубокий котлован под проект другой церкви, поэтому добавились два подземных этажа. Архитектор Д.С. Соколов из недостатков сумел сделать достоинства: дополнительные эвакуационные выходы, в виде крылец и галерей придали церковному сооружению неповторимость и новые «приморские черты». А в

нижнем этаже расположился придел в честь святого Николая Чудотворца. Храм бесстолпный, одноглавый, в цокольном этаже ризница, с небольшой колокольней и трехчастной апсидой, в



Рис. 1. Кафедральный собор Святого равноопольстовского князя Владимира г. Сочи. Западный фасад. [15]. Вход. [16]

Храм обладает способностью противостоять землетрясению в 12 баллов. Аналогов этому объекту нет в южно-российском регионе. Фантазия архитектурного образа богата и выражается в пышности архитектурно-художественного облика здания. Сооружение красочно и содержит большое количество деталей. Это монументальный однокупольный храм, включающий колокольню. В объемных формах основного здания воспроизводятся формы новгородского, московского, псковского зодчества. Богатое декоративное убранство отсылает к прочтению русского узорочья, которое, как известно, было сформулировано, как архитектурный стиль в XVII веке на территории Русского государства. Затейливые формы, обилие декора, некоторая сложность композиции и живописный силуэт здания церкви «говорят» и о стилевой эклектичности, и об исключительном «праздничном» характере этой постройки. Не только декор обуславливает «царскую» архитектуру храма, но и ее объемно-пространственное построение. Центральный объем «четверик храма» представляет собой двусветное бесстолпное пространство, перекрытое уникальной системой перекрещивающихся арок, завершается по вертикали восьмиоконным световым барабаном. Остальные части храма, начиная с маленькой западной паперти, как бы плавно перетекает в притвор колокольни, освещенной с двух сторон шестью арочными окнами через затемненное пространство трапезной к кажущемуся огромным и светлым объему самого храма с парящими по высоте подпружными арками [17].

плане 18,5×18,5 м. Кроме того, Строительный материалом, используемый для возведения храма Святого Владимира – высокопрочный бетон. Стал первым в истории России и Европы монолитным храмом [14].



Рис. 2. Кафедральный собор Святого равноопольстовского князя Владимира, г. Сочи

Такое решение всячески указывает на величественную простоту и образ «корабля». Колокольня решена в типичном для русской храмовой архитектуры по канонам церкви построении. Четыре круглых столпа ее держат подколокольные балки и луковичную главку на пьедестале из 2-х пересекающихся сводов. На колокольне устроено 12 колоколов, общий их вес составляет 7,5 тонн. Отливку колоколов выполняли мастера воронежской литейной, в том числе и керамической мастерской «Вера». Два боковых служебных входа – северный и южный оформлены в виде крылец. Относительно рельефа местности южное крыльцо существенно приподнято над уровнем земли. Маленькие купола луковичной формы с крестами возвышаются над крышами обоих крылец. Крыльцо главного входа также завершается небольшим куполом. Над ними же расположена икона святого Владимира в окружении. Архитектурно-художественный облик сформирован огромнейшим количеством декоративных деталей: цветные изразцовые карнизы, наличники узких стрельчатых окон, арки на стенах, декор колонн, капителей колонн. Основной цвет фасада – белый, но разноцветные декоративные элементы, их детали придают необыкновенную красоту и сказочность храму. Объемные накладки и цветные узоры художественно оформляют стены по периметру. Колонны на входах выделяются рельефными кружевными орнаментами. «Райские» птицы – символ возрождения к новой жизни «восседают» в некоторых частях колокольни над орнаментами. Внешний вид барабана – это еще одна особенность храма. Между окнами барабана размещены керамические фигуры апостолов, их

высота – 4,5 метров и покрыты они разноцветной поливой. Лепные шестикрыльные серафимы выделяются над арками окон. Большой шлемовидный купол над основным объемом, купол-луковичка над колокольной и маленькие луковички



Рис. 3. Кафедральный собор Святого равноапостольского князя Владимира, г. Сочи. Иконостас [18]

Внутренне убранство не уступает внешнему оформлению (рис. 3). Палехские иконописцы расписывали стены изнутри. Росписи выполнялись в стиле традиционной фрески XVII века стойкими красками, учитывая влажность черноморского климата. Библейские события и сюжеты из жизни князя Владимира – это главные мотивы фресковой живописи храма дополняются четырехъярусным резным иконостасом. Художники иконописной палехской мастерской Ивана Лебедева и Александра Гусавского, занимавшиеся оформлением иконостаса, выполняли свою работу в каноническом стиле и равнялись на лучшие образцы русской иконописи. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в рассмотренном объекте Соколовым достигнуто соотношение между традицией и новаторством, архитектор создал новый образ, бережно хранящий черты традиции.

Не меньший интерес представляет собой храм Иоанна Богослова (рис. 4), построенный в 1996 году в станице Кушевской (Кушевский район Краснодарского края). Возведен храм на берегу реки Еи и представляет собой архитектурную доминанту станицы. У него есть своя давняя строительная история, и она началась от 04 апреля 1796 года в селении Кушевском на основании Уведомления Черноморского войскового правительства Епископом Феодоским и Мариупольским Иовом было разрешено воздвигнуть храм во имя святого Иоанна Богослова. Храм был заложен к декабрю 1797 года (по отчетам войскового правительства).

Церковь была деревянной. В 1825, 1896, 1908 гг. она обновлялась и ремонтировалась. В 1951 году при храме уже построена церковно-

над апсидой алтаря и входными портиками крыши, «позолотили» нитритом титана для придания блеска и долговечности.

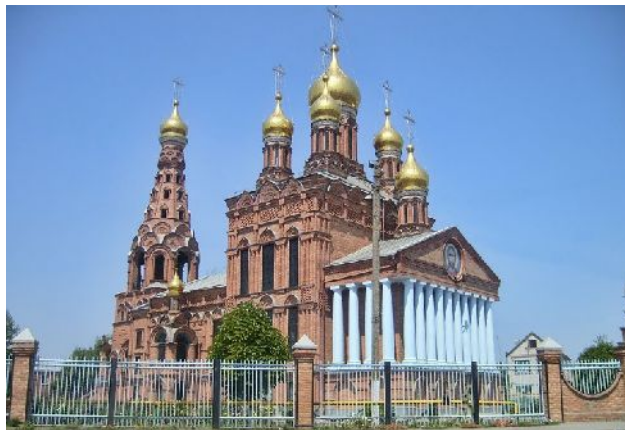


Рис. 4. Храм Иоанна Богослова, ст. Кушевская [19]

приходская школа в виде большого каменного дома. А в 30-е годы старый казачий храм был разрушен. До войны церковь в станице была запрещена. В 1942 году при немецких оккупантах началась церковная служба в полуземлянке на окраине станицы. После оккупации служба переместилась в турлучную хатенку, купленную у некой Юдиной, которая досуществовала до 1996 года. В 1996 году в станице Кушевской был освящен новый храм во имя святого Апостола Иоанна Богослова. Церковь Иоанна Богослова представляет собой большое кирпичное здание, основной объем которого имеет два этажа и пятиглавое венчание. Колокольная с высоким светлым шатровым завершением соединена трапезной с основным объемом. Алтарная часть здания украшена портиком с колоннами и завершена маковкой на светлом барабане. Над колоннами установлено панно с изображением Святого [20] (рис. 5).

«Архитектором» этого сооружения был местный священник протоирей Николай Запорожец. Составление проекта самим священником было продиктовано экономическими соображениями, т.е. недостаточным количеством денежных средств на строительство. Возведен храм был исключительно на пожертвования прихожан. Отец Николай изучил старорусскую архитектуру Москвы, Новгорода и сделал макет церкви из картона. После этого, с Божьей помощью, сам сделал и все расчеты. Но это еще не все: священник был не только вдохновителем строительства храма – он сам принимал активное участие в его строительстве. Отцу Николаю пришлось стать и каменщиком, и сварщиком, и инженером, и отбойщиком. Внутреннюю роспись,

святые лики, иконостас писал тоже сам отец Николай [21].

Замысел казачьего «архитектора» очень своеобразен. По своей стилистике, это храм, конечно, эклектичен. Но, главная стилистическая особенность заключается в том, что в этом проекте соединено «несоединимое». А именно, к



Рис. 5. Храм Иоанна Богослова, ст. Кушевская [22]

Объемно-планировочное решение несколько схоже с предыдущим исследуемым объектом. А именно – на одну ось «нанизывается» колокольня с высоким светлым шатровым завершением, трапезная, основной объем – 2-х этажный четверик, завершающийся пятиглавием (главки луковичной формы), далее алтарная часть, украшенная портиком и завершенная маковкой на светлом барабане. Общий план и силуэт в целом симметричен. При таком решении основным предметом спора среди специалистов и просто прихожан вызывает, конечно, классический треугольный фронтон портика, вертикальное членение колонны в виде тосканского ордера, их место в общей композиции храма и влияние на образ храма в целом. Несколько утрачивается целостность композиции, но в тоже время возникают ассоциации с монументальными, торжественным обликом. Основной материал – кирпич, еще больше подчеркивает это впечатление, не смотря на декоративную кирпичную кладку и контраст между красной стеной и белыми колоннами. Колокола для звонницы отливали в Свердловской области на военном заводе. Напротив, алтарной части в ограде построены кирпичные Святые ворота с тремя арочными проходами, которые завершаются тремя главками, которые органично сочетаются с обликом храма, отдельными элементами, стилевой кирпичной кладкой

храму в чисто русском стиле с узорочьем из красного кирпича пристроен в виде алтаря портик колонн, схожих с колоннадой Исаакиевского собора в г. Санкт-Петербурге. Местные жители так его и называют «кушевский Исаакий» [24].

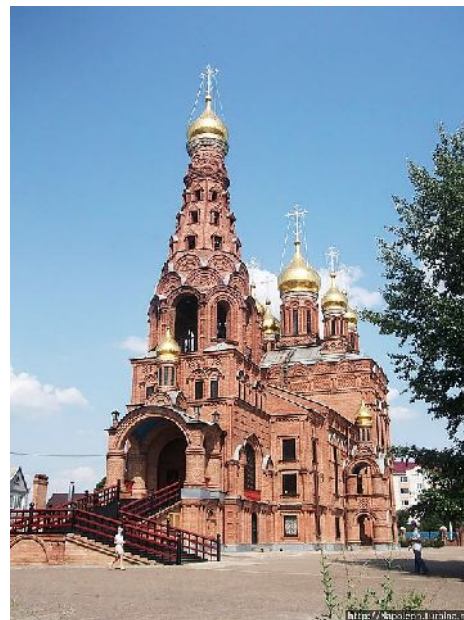


Рис. 6. Храм Иоанна Богослова, ст. Кушевская [23]

и как оформляют в целом, прихрамовую территорию. Интерьерное решение скромное и каноничное (рис. 7). Роспись покрывает стены и подкупольное пространство купола. Резной иконостас, полы выложенные плиткой в сочетании белой и черной плитки, оживляют просторное светлое пространство. Благоприятный микроклимат: в зимнее время – теплый пол дает дополнительное тепло, а летом прохладу. Все располагает к умиротворенной молитве прихожан.

Анализ представленных храмов показывает, что сейчас в храмостроении существует тенденция обращения к традиции. И в то же время, «современная храмовая архитектура находится в состоянии поиска новых средств выразительности, которые при использовании современных материалов и технологий позволили бы выразить основное символическое содержание церковной архитектуры. Традиция, по мнению многих, – необходимый фундамент, позволяющий разрабатывать новые идеи формообразования, которые приведут, в итоге, к созданию нового стиля. Преобладающее на данный момент стилизаторство можно рассматривать как временное вынужденное явление, промежуточный этап в освоении современными архитекторами нового для них художественного языка» [26, с. 35].



Рис. 7. Храм Иоанна Богослова, ст. Кушевская. Интерьер [25]

Выводы.

– Рассмотренные объекты: храм святого Владимира в г. Сочи и храм в станице Кушевской не могут являться «образцами» в современном храмостроении, но имеют полное право на существование.

– Несмотря на то, что каждый храм имеет совершенно индивидуальный архитектурно-художественный облик, различное конструктивное решение, различные градостроительные и климатические условия возведения, использованы совершенно разные строительные материалы, и наконец, личные предпочтения создателей (профессиональный архитектор и священник, который непосредственно причастный к канонам Православной Церкви), их объединяют общие черты. Это, в первую очередь, сакральность – наблюдается через купольные завершения (купольные храмы ассоциируются с небом), а объемно – пространственные решения – по принципу «корабля». Облик храмов демонстрирует соответствие представлениям символического церковного вероучения. Поэтому в храмы не привнесено ничего такого, чтобы отвлекаться во время таинства, молитвы прихожан.

– Можно определить, что обращение зодчих – профессионального архитектора Д.Соколова и архиерея Николая Запорожца к историческим формам и говорит о преемственности традиций в архитектуре, о православном подходе, где архитектор ставит не собственную архитектурную интерпретацию, а огромный творческий опыт, сформированный на протяжении двух тысяч лет.

– Преемственность традиций архитектурно – художественных образов храмов была привнесена из Новгородской, Псковской, Московской школы. Активно использовались элементы «русского узорочья», классицизма и эклектики, соблюдены основные каноны храмостроительства.

– Совмещение в своем творчестве традиционность основного решения с современными строительными условиями и материалами – это, еще одна черта, которая объединяет создателей храмов, построенных в южных регионах нашей страны.

– Необходимо, изучая наследие XX века, не реанимировать его в постройках, не повторять ошибки прошлого, а искать образ храма в рамках современной архитектуры. Увязать формы с современными технологиями.

Очевидно, для Церкви актуально развитие собственного комплексного направления в архитектуре и искусстве, основанного на консервативном и устойчивом методе проектирования, охватывающем не только храмы, но и объекты инфраструктуры, строительные и технологические аспекты [27].

Перед современными архитекторами встает трудная задача – возрождение традиционного творческого архитектурного метода. Существует огромное количество объективных архитектурных знаний и законов, которые нужно применять архитектору в творчестве храмостроения. Необходимо тщательное изучение памятников традиционной архитектуры, где самое пристальное внимание следует обратить на православное зодчество.

Преемственность традиции в храмовом зодчестве непременно будет рождать новые образы, но уже наполненные высоким интеллектуальным и духовным содержанием, отражая не архитектурную философию, а в первую очередь, основы православной веры. Очень важно, чтобы изучение теоретического наследия, истории архитектуры было не только историографическим, но, чтобы изучение было творческим, живым. Не для созерцания, а для созидания. Возрождение такого подхода к изучению (созидательного) также будет отражать творческий характер православной веры. Ведь до XX века преемственность в творчестве архитекторов была всегда и служила поводом для создания новых стилей. На примере всей истории архитектуры можно решительно сделать вывод, что преемственность традиций не является помехой для новаторства, которое так ценится архитекторами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шонин А.В., Соколова Т.Б., Требунских А.В. Опыт нового храмоостроения: традиции и современность // Устойчивое развитие городской среды. Сборник статей, под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой, Е.Г. Вышкина, Ф. Свитала; АСИ СамГТУ, Самара: Издательство: Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2016. С.105–116.
2. Коренькова Г.В., Черныш Н.Д., Митякина Н.А. Приверженность традициям русского православного храмоостроения при формировании специальных знаний будущих проектировщиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С.105–108.
3. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В. Сохранение традиций в храмоостроительстве: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 128 с.
4. Бочковская В.И., Гречнева Н.В., Первушина О.В. Значение византийских традиций в современном храмоостроении в России // Искусство и образование. М. Изд-во: Международный центр "Искусство и образование". 2018. №4(114). С. 31–39.
5. Есаулов Г.В. Православный храм: архитектура и инженерия. Авок: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. М. Издательство: Информационно-издательское предприятие "Авок-Пресс". 2017. №2. С.4–13.
6. Беляев В.Ю. Концепция православного храма будущего: образ храма XXII века / Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ. Тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Москва. 2018. С.142–143.
7. Кишкинова Е.М., Москвитина Е.И. Истоки формирования архитектурного облика церкви иконы божией матери одигитрия в Аксае // Научный альманах. Тамбов: Издательство: ООО "Консалтинговая компания Юком". 2019. №5-3(55). С. 159–161.
8. Мамаева Н.Н. Тенденции современной культовой архитектуры (на примере православных храмов Екатеринбурга) // Архитектон: Известия вузов. 2006. №3(15). С. 16
9. Ильин И.А. Путь к очевидности. М. Изд. Дарь. 2017. С.352.
10. Иконников А.В. Художественный язык архитектуры. М: Искусство, 1985. 175 с.
11. Левшеков С.С. Модульная система проектирования православных храмов // Инженерный вестник Дона. 2019. №1 (52). С.135.
12. Слово Святейшего Патриарха Кирилла на открытии IV Рождественских парламентских встреч в Совете Федерации. [Электронный ресурс]. Русская православная церковь. Официальный сайт Московского Патриархата. URL: <http://www.patriarchia.ru/db/text/4362065.html> (дата обращения 1.12.2019).
13. Пименова Г.И., Кожевин А.Е. Традиции и современность в православном храмоостроении // Современные технологии и методики в архитектурно - художественном образовании. Международной научно-методической конференция. Новосибирск. 2016. С.341–343.
14. Проект православного храма Святого Равноапостольного князя Владимира, г. Сочи, ул. Виноградная, д.18. (Храм на 1 400 человек). Автор проекта - Архитектор Соколов Д.С. [Электронный ресурс]. Архитектурно-художественные мастерские Данилова монастыря. URL: https://mdmas.ru/hramostroitelst_126.html (дата обращения 28.11.2019).
15. Наш храм. Фотографии нашего храма. [Электронный ресурс]. Кафедральный собор святого равноапостольного великого князя. URL: http://hram-vladimira-sochi.ru/foto/?PAGE_NAME=detail&SECTION_ID=9&ELEMENT_ID=5469 (дата обращения 1.12.2019).
16. В Сочи храм Князя Владимира стал Кафедральным собором. [Электронный ресурс]. sochi24.tv URL: <https://sochi24.tv/index.php/sochi/v-sochi-khram-knyazya-vladimira-stal-kafedralnym-soborom> (дата обращения 1.12.2019).
17. Архитектура и святыни Свято-Владимирской церкви в Сочи. [Электронный ресурс].

Юра РФ URL: yugarf.ru/hram-svyatogo-knyazyavladimira-v-sochi/ (дата обращения 15.11.2019)

18. Наш храм. Фотографии нашего храма. [Электронный ресурс]. Кафедральный собор святого равноапостольного великого князя. URL: http://hram-vladimira-sochi.ru/foto/?PAGE_NAME=detail&SECTION_ID=9&ELEMENT_ID=5473 (дата обращения 1.12.2019).

19. Фото храм святого Иоанна Богослова в городе Кушевская. [Электронный ресурс]. Фотогорода. URL: <http://photogoroda.com/foto-53873-hram-svyatogo-ioanna-bogoslova.html> (дата обращения 1.12.2019).

20. Церковь Иоанна Богослова [Электронный ресурс]. Гид Ростов. URL: <http://www.rostovgid.ru/architecture/monastery/tserkov-ioanna-bogoslova-8431.html> (дата обращения 3.12.2019).

21. Отошел ко Господу протоиерей Николай Запорожец. [Электронный ресурс]. Религия России. Еженедельная общероссийская газета. URL: <http://www.religruss.info/10886-otoshel-kogospodu-protoiery-nikolay-zaporozhec.html> (дата обращения 21.11.2019).

22. Кушевская. Церковь Иоанна Богослова. [Электронный ресурс]. Соборы.ру.

URL: <http://sobory.ru/photo/70269> (дата обращения 1.12.2019).

23. Кушевский Исаакий. [Электронный ресурс]. Турбина.ру URL: <https://turbina.ru/guide/Kutstchevskaya-Rossiya-87395/Otzyvy/Tchto-delat-dostoprimechatelnosti/Arkhitektura-Pamyatniki/3/0/Ioanno-Bogoslovskiy-khram-45570/Otzyv/Kutstch-vskiy-Isaakiy-72214/photo2090713/> (дата обращения 1.12.2019).

24. Кушевская. Церковь Иоанна Богослова. Иоанно-Богословский храм. [Электронный ресурс]. Соборы.ру. URL: <http://sobory.ru/article/?object=13647> (дата обращения 21.11.2019).

25. Храм Иоанна Богослова. Кушевская, апрель 2016. [Электронный ресурс]. Архитектурное наследие. URL: <https://arch-heritage.livejournal.com/2958825.html> (дата обращения 1.12.2019).

26. Кузьмин М.А. Возрождение церковного строительства в современной России // Вестник славянских культур. 2012. №XXIII. С.31–36.

27. Борисов С.В. Современность и традиция в архитектуре православных храмов // Архитектон: известия вузов. 2017. №1(57). С.201–218.

Информация об авторах

Иваненко Ольга Александровна, старший преподаватель кафедры теории истории и архитектурной реставрации. E-mail: olga-ivanenko2014@mail.ru. Академия архитектуры и искусств. Южный Федеральный Университет. Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42.

Белова Анна Юрьевна, преподаватель кафедры теории истории и архитектурной реставрации. E-mail: belova84@list.ru. Академия архитектуры и искусств. Южный Федеральный Университет. Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42.

Поступила в декабре 2019 г.

© Иваненко О.А., Белова А.Ю., 2019

Ivanenko O.A., *Belova A.Yu.

*Southern Federal University. Academy of Architecture and Arts.
Russia, 344006, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya str., 105/42*

**E-mail: belova84@list.ru*

TRADITION AND INNOVATION IN THE ARCHITECTURAL AND ARTISTIC IMAGE OF ORTHODOX CHURCHES IN THE SOUTHERN RUSSIAN REGION

Abstract. *The article has an analytical character and devoted to consideration of topical issues of modern Orthodox church construction of South Russian region on the example of the Cathedral of the Holy equal to the Apostles great Prince Vladimir in Sochi and the Church of the Holy Apostle John the Theologian in Kushevka, Krasnodar region.*

The aim of the research is to identify traditional and innovative elements of the architectural and artistic image of churches. The architectural - artistic and compositional analysis of the architecture of two modern Orthodox churches of the southern region is carried out. The characteristic of the architectural image of the church is given, the ratio of tradition and innovation is revealed. On the presented examples, the method of comparative analysis carries out a detailed analysis of the churches on the compositional, constructive, artistic and stylistic characteristics of architecture.

Conclusions about the creation of architectural images of Orthodox churches in relation to the studied examples, the influence of traditional historical trends on the modern appearance of religious buildings are presented. Each church has a completely individual modern architectural and artistic image, various design solutions and urban and climatic conditions of construction. Completely different building materials and personal preferences of the creators are used. However, they are united by some General principles of the symbolic Church creed.

Assumptions are made about possible ways of further evolution of the work of the architect of Orthodox church architecture in modern conditions.

Keywords: Church building, architectural image, tradition, innovation, southern region, "Isaac of kushchevsky", Cathedral.

REFERENCES

1. Shonin A.V., Sokolova T.B., Trebunskikh A.V. Experience of new temple-building: traditions and modernity. [Opyt novogo hramostroeniya : tradicii i sovremennost']. Ustojchivoe razvitie gorodskoj sredy. Sbornik statej, pod red. M.I. Bal'zannikova, K.S. Galickova, E.A. Ahmedovoj, E.G. Vyshkina, F. Svitala; ASI SamGTU Samara: Publisher: Samara State University of Architecture and Civil Engineering. 2016. Pp. 105–116. (rus)
2. Korenkova G.V., Chernysh N.D., Mityakina N.A. Adherence to the traditions of Russian Orthodox church building in the formation of special knowledge of future designers. [Priverzhennost' tradiciyam russkogo pravoslavnogo hramostroeniya pri formirovanii special'nyh znanij budushchih proektirovshchikov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No.6. Pp. 105–108. (rus)
3. Chernysh N.D. Preservation of traditions in temple-building: monograph. [Sohranenie tradicij v hramostroitel'stve: monografiya]. Belgorod: Publishing House of BSTU, 2014. 128 p. (rus)
4. Bochkovskaya V.I., Grechneva N.V., Pervushina O.V. The value of Byzantine traditions in modern temple-building in Russia. [Znachenie vizantijskikh tradicij v sovremennom hramostroenii v Rossii]. Art and Education. M. Publisher: International Center "Art and Education". 2018. No.4. (114). Pp. 31–39. (rus)
5. Esaulov G.V. Orthodox Church: architecture and engineering. [Pravoslavnyj hram: arhitektura i inzheneriya]. Avok: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermal physics. M. Publisher: Information and Publishing Enterprise "Avok-Press". 2017. No. 2. Pp. 4–13. (rus)
6. Belyaev V.Yu. The concept of the Orthodox church of the future: the image of the temple of the XXII century [Koncepciya pravoslavnogo hrama budushchego: obraz hrama XXII veka]. Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie v MARHI. Tezisy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, professorsko-prepodavatel'skogo sostava, molodyh uchenyh i studentov. Moskva. 2018. Pp. 142–143. (rus)
7. Kishkinova E.M., Moskvitina E.I. The origins of the architectural appearance of the church of the icon of the Mother of God of the Hodegetria in Aksai. [Istoki formirovaniya arhitekturnogo oblika cerkvi ikony bozhiej materi odigitriya v Aksae]. Scientific almanac. Tambov: Publisher: LLC "Consulting company Ucom". 2019. No. 5–3 (55). Pp. 159–161. (rus)
8. Mamaev N.N. Trends in modern cult architecture (on the example of the Orthodox churches of Yekaterinburg) [Tendencii sovremennoj kul'tovoj arhitektury (na primere pravoslavnyh hramov Ekaterinburga)]. Architecton: Bulletin of universities. 2006. No.3 (15). 16 p. (rus)
9. Ilyin I.A. The path to evidence [Put' k ochevidnosti]. Moscow. Izd. Dar, 2017. 352p. (rus)
10. Ikonnikov A.V. The artistic language of architecture. [Hudozhestvennyj yazyk arhitektury]. Moscow: Art, 1985. 175 p. (rus)
11. Levshakov S.S. The modular design system of Orthodox churches. [Modul'naya sistema proektirovaniya pravoslavnyh hramov]. Engineering Herald of the Don. 2019. No. 1 (52). 135 p. (rus)
12. The word of His Holiness Patriarch Kirill at the opening of the 4th Christmas parliamentary meetings in the Federation Council. [Slovo Svyatejshego Patriarha Kirilla na otkrytii IV Rozhdestvenskikh parlamentskikh vstrech v Sovete Federacii]. Russian Orthodox Church. The official website of the Moscow Patriarchate. URL: <http://www.patriarchia.ru/db/text/4362065.html> (date of treatment: 1.12. 2019).
13. Pimenova G.I., Kozhevin A.E. Traditions and modernity in Orthodox church building. [Tradicii i sovremennost' v pravoslavnom hramostroenii]. Sovremennye tekhnologii i metodiki v arhitekturno - hudozhestvennom obrazovanii. Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferenciya. Novosibirsk. 2016. Pp. 341–343. (rus)
14. The project of the Orthodox Church of the Holy Equal-to-the-Apostles Prince Vladimir, Sochi, ul. Grape, d.18. (Temple for 1,400 people). The author of the project. Architect Sokolov D.S. [Proekt pravoslavnogo hrama Svyatogo Ravnoapostol'nogo knyazya Vladimira, g. Sochi, ul. Vinogradnaya, d.18. (Hram na 1 400 chelovek). Avtor proekta - Arhitekt Sokolov D.S.]. Architectural and art workshops of the Danilov Monastery. URL: https://mdmas.ru/hramostroitelst_126.html (date of treatment: 28.11.2019)
15. Our temple. Photos of our temple. [Nash hram. Fotografii nashego hrama]. Cathedral of the Holy Equal-to-the-Apostles Grand Duke. URL: <http://>

//hram-vladimira-sochi.ru/foto/? PAGE_NAME = detail & SECTION_ID=9 & ELEMENT_ID=5469 (date of treatment:1.12.2019)

16. In Sochi, the temple of Prince Vladimir became the Cathedral. [V Sochi hram Knyazya Vladimira stal Kafedral'nym soborom]. Sochi24.tv URL: <https://sochi24.tv/index.php/sochi/v-sochi-khram-knyazya-vladimira-stal-kafedralnym-soborom> (date of treatment:1.12.2019)

17. Architecture and shrines of the St. Vladimir Church in Sochi. [Arhitektura i svyatyini Svyato-Vladimirskoj cerkvi v Sochi]. South of the Russian Federation. URL: yugarf.ru/hram-svyatogo-knyazya-vladimira-v-sochi/ (date of treatment:15.11.2019)

18. Our temple. Photos of our temple. [Nash hram. Fotografii nashego hrama]. Cathedral of the Holy Equal-to-the-Apostles Grand Duke. URL: http://hram-vladimira-sochi.ru/foto/? PAGE_NAME = detail & SECTION_ID=9 & ELEMENT_ID=5473 (date of treatment:1.12.2019)

19. Photo temple of St. John the Evangelist in the city of Kushchevskaya. [Foto hram svyatogo Ioanna Bogoslova v gorode Kushchevskaya]. Photocities. URL: <http://photogoroda.com/foto-53873-hram-svyatogo-ioanna-bogoslova.html> (date of treatment:1.12.2019)

20. Church of St. John the Evangelist [Cerkov' Ioanna Bogoslova]. Guide Rostov. URL: <http://www.rostovgid.ru/architecture/monastery/tserkov-ioanna-bogoslova-8431.html> (date of treatment:3.12.2019)

21. Archpriest Nikolai Zaporozhets went to the Lord. [Otoshel ko Gospodu protoierej Nikolaj Zaporozhec]. Religion of Russia. Weekly all-Russian newspaper. URL: <http://www.religiuss.info/10886-otoshel-ko-gospodu->

protoierey-nikolay-zaporozhec.html (date of treatment:21.11.2019)

22. Kushchevskaya. Church of St. John the Evangelist. [Kushchyovskaya. Cerkov' Ioanna Bogoslova]. Sobory.ru. URL: <http://sobory.ru/photo/70269> (date of treatment:1.12.2019)

23. Kushchevsky Isaac. [Kushchyovskij Isaakiy]. Turbina.ru URL: <https://turbina.ru/guide/Kutstchevskaya-Rossiia-87395/Otzyvy/Tchto-delat-dostoprimechatelnosti/Arkhitektura-Pamyatniki/3/0/Ioanno-Bogoslovskiy-khram-4557070 / Otzyv / Kutstch-vskiy-Isaakiy-72214 / photo2090713 /> (date of treatment:1.12.2019)

24. Kushchevskaya. Church of St. John the Evangelist. St. John the Theological Church. [Kushchyovskaya. Cerkov' Ioanna Bogoslova. Ioanno-Bogoslovskij hram]. Sobory.ru. URL: <http://sobory.ru/article/?object=13647> (date of treatment:21.11.2019)

25. Temple of St. John the Evangelist. Kushchevskaya, April 2016. [Hram Ioanna Bogoslova. Kushchevskaya, april' 2016]. Architectural heritage. URL: <https://archheritage.livejournal.com/2958825.html> (date of treatment:1.12.2019)

26. Kuzmin M.A. Revival of church construction in modern Russia. [Vozrozhdenie cerkovnogo stroitel'stva v sovremennoj Rossii]. Bulletin of Slavic cultures. 2012. No. XXIII. Pp.31–36. (rus)

27. Borisov S.V. Modernity and tradition in the architecture of Orthodox churches. [Sovremennost' i tradiciya v arhitekture pravoslavnyh hramov]. Architecton: news of universities. 2017. No. 1 (57). Pp. 201–218. (rus)

Information about the authors

Ivanenko, Olga A. Senior lecturer. E-mail: olga-ivanenko2014@mail.ru. Southern Federal University. Academy of Architecture and Arts.Russia, 344006, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya str., 105/42.

Belova, Anna Yu. Lecturer. E-mail: belova84@list.ru. Southern Federal University. Academy of Architecture and Arts.Russia, 344006, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya str., 105/42.

Received in Desember 2019

Для цитирования:

Иваненко О.А., Белова А.Ю. Традиция и новаторство в архитектурно-художественном образе некоторых православных храмов Южно-российского региона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 102–111. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-102-111

For citation:

Ivanenko O.A., Belova A.Y. Tradition and innovation in the architectural and artistic image of orthodox churches in the Southern Russian region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 102–111. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-102-111

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-112-120

^{1,*}Фетюхина Е.Г., ¹Шарова Н.В., ²Парагузов П.А.¹ООО «Прайм», г. Ульяновск

Россия, 432002, Ульяновск, ул. Кролюницкого, 13-25

2000 «Сталкер», г. Ульяновск

Россия, 432027, г. Ульяновск, ул. Докучаева 24-6

*E-mail: kato-cat@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ФОРМОВАННЫХ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД И ВЫСОКОМОДУЛЬНЫХ ПОЛИСИЛИКАТОВ

Аннотация. Актуальность разработки нового способа получения формованных безобжиговых огнеупорных материалов продиктована необходимостью их импортозамещения при условии использования для их изготовления доступного сырья, а также необходимостью снижения энергозатрат и повышения экологичности производства. В этих целях были получены и испытаны образцы формованных огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов. Отмечено, что цеолитсодержащие породы – общераспространенное полезное ископаемое, поэтому разрабатываемая технология может легко масштабироваться, в том числе на европейской части России, тогда как традиционное огнеупорное сырье сосредоточено на периферии РФ. Огнеупорные формованные изделия, полученные безобжиговым методом, могут быть востребованы в металлургической, энергетической и химической промышленности. Показано, что из цеолитсодержащей породы методом полусухого прессования можно получать формованные огнеупорные изделия. Разработан состав смеси для получения огнеупорных формованных изделий на основе цеолитсодержащей породы, высокомолекулярных полисиликатов и ортофосфорной кислоты. Определены технические характеристики полученных образцов: прочность огнеупорных изделий, плотность, огнеупорность, остаточная прочность образцов после их нагрева до температуры применения, водопоглощение и открытая пористость образцов, пределы допускаемых отклонений размеров, показатели внешнего вида изделий.

Ключевые слова: цеолитсодержащие породы, полисиликаты, огнеупоры формованные, безобжиговая технология, физико-механические свойства.

Введение. Сегодня безобжиговые методы получения огнеупорных и теплоизоляционных материалов – общемировая тенденция, связанная с необходимостью снижения себестоимости продукции и производственных энергозатрат, повышения экологичности производства при одновременном улучшении эксплуатационных характеристик огнеупоров, в связи с возрастающими потребительскими требованиями. Основная задача при разработке новых технологий получения огнеупоров – снижение удельных расходов на производство, что достигается уменьшением температуры обжига или отказом от обжига, использованием недорогих видов сырья, упрощением технологических операций [1].

Актуальность разработки нового способа получения формованных безобжиговых огнеупорных материалов продиктована экономическими причинами: необходимостью замещения импортной продукции на российском рынке продукцией российского производства с использованием местного доступного сырья. На рынке огнеупоров бокситы, магнезиты и хромовое сырье уже являются дефицитом, поэтому разработка

огнеупорных материалов на основе других видов сырья является актуальной задачей [2].

Мировое производство огнеупорных материалов и изделий по разным международным источникам оценивается на уровне 46–52 млн. т в год, причем более половины объема производства принадлежит китайской огнеупорной промышленности [3, 4]. Огнеупорная продукция наиболее востребована для процессов черной металлургии (преимущественно для доменного и сталеплавленного производства), но также и для производства строительных материалов. Огнеупорные формованные изделия применяются в промышленности для проведения металлургических процессов (плавка, отжиг, обжиг, испарение и дистилляция), конструирования печей, высокотемпературных агрегатов [5].

Производители огнеупоров, компании-гиганты, в связи с сильным истощением отечественной сырьевой огнеупорной базы, решают вопросы нехватки сырья закупкой импортного сырья, что влияет на конечную стоимость и без того недешевого продукта. В связи с этим, особую актуальность приобретает вовлечение в хозяйственный оборот, с целью производства высококачественных огнеупоров, природного сырья –

кремнеземсодержащих горных пород, в том числе, цеолитов.

Огромный потенциал и перспективу быстрой коммерциализации имеет использование в качестве основного огнеупорного сырья природных цеолитсодержащих пород. Цеолитсодержащие породы – общераспространенное полезное ископаемое, поэтому разрабатываемая технология может легко масштабироваться, в том числе на европейской части России, тогда как традиционное огнеупорное сырье сосредоточено на периферии РФ. Так, 70 % огнеупоров производится в Уральском федеральном округе [6].

Разрабатываемый способ позволяет получать формованные огнеупорные изделия на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов. Известны аналогичные огнеупорные материалы, например, пористый огнеупорный материал на основе аморфного кремнезема и алюминиевой пудры [7], футеровочный материал на основе диатомита, каолина и извести [8, 9], высокотемпературные теплоизолирующие материалы на основе вермикулита [10]. Аналогичные шамотные легковесные огнеупоры изготавливают из первичных каолинов [11].

В связи с этим, целью работы стала разработка способа получения формованных безобжиговых огнеупорных материалов на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов

В задачи работы входило:

1. Определение состава смеси для формования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов, обеспечивающего максимальную прочность готовых изделий и показатель огнеупорности более 1580 °С.

2. Выбор способа формования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов, обеспечивающего максимальную прочность готовых изделий.

3. Определение физико-механических параметров опытных образцов огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов.

Методология. Объектом исследования являлись формованные огнеупорные изделия, полученные на основе цеолитсодержащей породы Юшанского месторождения Майнского района Ульяновской области, которая применялась в

виде гранул 0,5–2,0 мм и в виде тонкодисперсного порошка с размером частиц до 45 мкм; высокомолекулярных полисиликатов, плотностью 1,36–1,4 г/см³ и с кремниевым модулем 2,8–3,0; ортофосфорной кислоты технической, с мас. долей ортофосфорной кислоты не менее 73 %, по ТУ 2142-002-00209450-95. Ортофосфорную кислоту применяли в качестве фосфатного связующего для огнеупорных изделий совместно с тонкодисперсной цеолитсодержащей породой для максимальной эффективности химической реакции [12].

Исследование состояло из трех этапов:

1. Определение состава смеси для формования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов, обеспечивающего максимальную прочность готовых изделий и показатель огнеупорности более 1580 °С.

2. Выбор способа формования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов, обеспечивающего максимальную прочность готовых изделий.

3. Определение физико-механических параметров опытных образцов огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов.

Для определения состава смеси для формования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов, были приготовлены смеси с разным соотношением «связующее – цеолитсодержащая порода, активированная раствором ортофосфорной кислоты», из смесей получены образцы формованных огнеупорных изделий, определены их основные параметры и их соответствие требованиям к огнеупорным изделиям общего назначения.

Смеси различались между собой по соотношению компонентов и по массовому соотношению химических элементов.

Соотношение химических элементов в пересчете на оксиды в смесях приведено в таблице 1. Было составлено три варианта составов смесей, из каждого состава методом полусухого формования были изготовлены по 10 образцов формованных изделий кубической формы с ребром 100 мм.

Таблица 1

Химический состав смесей на основе цеолитсодержащей породы для получения огнеупорных изделий

Химический состав смеси	Массовая доля оксида в составе смеси, мас. %		
	Смесь № 1	Смесь № 2	Смесь № 3
SiO ₂	67	70	82
Al ₂ O ₃	25	23	13
CaO	4	3	1
K ₂ O+Na ₂ O	2	2	2
Fe ₂ O ₃ +MgO+TiO ₂	1,2	1,2	1,2
P ₂ O ₅	0,8	0,8	0,8

Для получения формовочной смеси сухие компоненты смешивали в лабораторном смесителе, добавляли расчетные количества высокомолекулярных полисиликатов и раствор 25 % ортофосфорной кислоты, полученную полусухую смесь укладывали в формы, смазанные разделительной смазкой, и подвергали вибропрессованию на лабораторной установке. В процессе прессования в формы добавляли смесь и выравнивали ее до получения кубических образцов с ровной гранью. Полное уплотнение смеси на виброустановке характеризовалось прекращением оседания смеси, выравниванием ее поверхности и прекращением выделения пузырьков воздуха. Для обеспечения давления на поверхности смеси устанавливали пригруз, обеспечивающий давление (4 кПа) и вибрировали до прекращения оседания пригруза дополнительно 5-10 с. Образцы высушивали до постоянного веса в течение 76 часов.

Сравнивали физико-механические показатели для образцов, полученных из формовочных смесей № 1, 2, 3. Для полученных образцов определяли прочность, плотность, огнеупорность, остаточную прочность после нагрева до температуры применения, водопоглощение.

Прочность огнеупорных изделий оценивали по пределу прочности при осевом сжатии согласно ГОСТ 10180-90. Использовали образцы в виде куба с ребром 100 мм. Образцы нагружали до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки ($0,05 \pm 0,01$) МПа/с.

Определение плотности образцов огнеупорных изделий, изготовленных из трех видов смесей, проводили согласно ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Методы определения плотности».

Огнеупорность образцов определяли согласно ГОСТ 4069-69 (СТ СЭВ 979-78) «Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения огнеупорности».

По результатам испытаний для изготовления формованных огнеупорных изделий безобжиговым методом была выбрана смесь № 2.

Для определения остаточной прочности образцов после их нагрева до температуры применения (1400 °С) изготавливали образцы из смеси состава № 2, затем нагревали в электрической печи до температуре применения (1400 °С) с выдержкой при данной температуре 4 ч. Скорость подъема температуры устанавливали следующую: до 200 °С – 50 °С/ч, до 400 °С – 100 °С/ч, до 600 °С – 150 °С/ч, до 1000 °С – 200 °С/ч. Затем образцы охлаждали и испытывали на прочность при комнатной температуре.

Определение водопоглощения образцов, изготовленных из смеси № 2, проводили в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ 2409-

2014 «Огнеупоры. Метод определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости, водопоглощения».

После выбора состава смеси, для определения способа формования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов, образцы огнеупорных изделий получали из смеси № 2 четырьмя способами: 1. Полусухое прессование при постоянном давлении 15 МПа; 2. Полусухое прессование с вибрированием; 3. Полусухое прессование с вибрированием и предварительным подпрессовыванием (по 10 образцов для каждого способа полусухого прессования). 4. Полусухое прессование с вибрированием при постоянном давлении 4 кПа – способ, которым первоначально получали образцы при выборе состава формовочной смеси.

При изготовлении образцов со стандартными размерами 230×114×65 мм в смесь для формования, при постоянном перемешивании в смесителе, добавляли воду до достижения влажности смеси 15 %. Образцы изготавливали следующим образом.

Способ 1. Полусухое прессование при постоянном давлении. Смесь дозировали в 5-гнездовые формы на поддоне и помещали на площадку прессования пресса ПТ-11. Прессование проводили при давлении 15 МПа в течение 3 с.

Способ 2. Полусухое прессование с вибрированием. Смесь дозировали в 5-гнездовые формы на поддоне и помещали на площадку прессования пресса ПТ-11. Прессование проводили при давлении 15 МПа и виброударном воздействии частотой 50 рад/с в течение 3 с.

Способ 3. Полусухое прессование с вибрированием и предварительным подпрессовыванием. Смесь дозировали в 5-гнездовые формы на поддоне и помещали на площадку прессования пресса ПТ-11. Проводили предварительную подпрессовку смеси при давлении 5 МПа в течение 2 с. Прессование проводили при давлении 15 МПа и виброударном воздействии частотой 50 рад/с в течение 3 с.

Способ 4. Полусухое прессование с вибрированием. Смесь дозировали в 5-гнездовые формы на поддоне и помещали на площадку прессования пресса ПТ-11. Прессование проводили при давлении 4 кПа и виброударном воздействии частотой 50 рад/с в течение 10 с.

После поднятия форм изготовленные сырцовые изделия оставляли на поддоне, высушивали в течение 76 часов при атмосферной влажности, после чего проводили испытания параметров формованных огнеупорных изделий.

Полученные образцы проверяли на соответствие требованиям к огнеупорным изделиям,

приведенным в ГОСТ 390-2018 «Изделия огнеупорные шамотные и полукислые общего назначения. Технические условия», ГОСТ 4069-69 (СТ СЭВ 979-78) «Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения огнеупорности», ГОСТ 2409-2014 «Огнеупоры. Метод определения кажущейся плотности, открытой и общей пористости, водопоглощения», ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», в том числе, проверяли:

- пределы допускаемых отклонений размеров;
- показатели внешнего вида изделий;
- прочность на сжатие по пределу прочности при осевом сжатии в виде куба;
- огнеупорность;
- открытую пористость.

Основная часть. Были изучены свойства связующего на основе цеолитсодержащей породы. В качестве вяжущего при изготовлении образцов огнеупорных изделий использовали тонкодисперсный цеолитовый порошок, модифицированный ортофосфорной кислотой. Известен минеральный состав цеолитсодержащей породы: примерно в равных соотношениях в составе представлены клиноптилолит, монтмориллонит и опал-кристобалит-тридимитовая фаза, кроме того, в составе присутствуют кварц и кальцит [13]. Поскольку цеолитсодержащая порода содержит достаточное количество монтмориллонитовых глин, она может быть использована в качестве связующего при изготовлении изделий, а большое количество аморфного кремнезема в составе цеолитсодержащей породы, модифицированного добавкой ортофосфорной кислоты, обеспе-

печивает достаточную огнеупорность связующего. Аморфный кремнезем является катализатором процесса отверждения соединений алюминия и фосфора [14]. Считается, что фосфат алюминия, образующийся в процессе реакции, образует жаростойкую матрицу формованного изделия [15]. Кроме того, в состав связующего добавлялись высокомолекулярные полисиликаты – для обеспечения дообжиговой прочности изделия и увеличения реакционной поверхности реагирующих при обжиге веществ – аморфного кремнезема и ортофосфорной кислоты. Появляющиеся в результате реакции полимерные соединения кремния и фосфора обеспечивают высокую огнеупорность изделий.

В целях оптимизации состава смеси для получения формованных огнеупорных безобжиговых изделий подбирали различные варианты соотношения компонентов на основании их химического состава. Ориентируясь на данные по химическому составу алюмосиликатных огнеупоров [16, 17], из цеолитсодержащей породы, высокомолекулярных полисиликатов и ортофосфорной кислоты были составлены три варианта смесей для формования огнеупорных изделий. Соотношение химических элементов (в пересчете на оксиды) в смесях приведено в таблице 1.

Из смесей №№ 1-3 получали образцы формованных огнеупорных изделий методом полусухого прессования. Затем полученные образцы высушивали и определяли их объемную плотность и прочность на сжатие, и выбирали состав смеси, из которого получены наиболее прочные образцы. Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Объемная плотность и прочность на сжатие образцов формованных огнеупорных изделий, полученных из трех видов смесей

№ образца	Объемная плотность, кг/м ³		Прочность на сжатие, МПа	
	$\bar{x} \pm \Delta$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm \Delta$	$C_v, \%$
Образцы из смеси № 1	1621,0±0,8	0,05	12,5±0,2	1,5
Образцы из смеси № 2	1626,0±0,7	0,04	12,7±0,2	1,7
Образцы из смеси № 3	1621,5±0,6	0,04	12,65±0,3	1,9

Было установлено, что наиболее прочные образцы были получены из смеси № 2, их средняя прочность в высушенном состоянии составила 12,7 МПа при объемной плотности 1626 кг/м³.

Для определения эксплуатационных характеристик огнеупорных изделий проводили определение остаточной прочности образцов из смеси № 2 после их предварительного нагрева до температуры применения (1400 °С). Остаточная прочность образцов после нагрева до температуры применения должна составлять не менее 80

% от начальной прочности образцов огнеупорных изделий. Было установлено, что остаточная прочность образцов по результатам 10 параллельных испытаний - не менее 87 %. Таким образом, остаточная прочность полученных образцов огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащей породы является достаточной для эксплуатации изделий при температуре 1400 °С, и составляет 87 %.

Было установлено, что огнеупорность образцов из смеси № 2 составляет 1620 °С, а их водопоглощение – 10,7 %. Полученные из смеси данного состава образцы имеют плотность (объемную массу) 1626 кг/м³, прочность на сжатие 12,7 МПа, огнеупорность 1620 °С и водопоглощение 10,7 %. Прочность изделий при нагреве в процессе эксплуатации будет расти, поскольку реакция оксидов алюминия и кремния с фосфорной кислотой происходит в результате нагрева [18].

Кроме того, большое влияние на конечную прочность оказывает способ формования изделий. Поэтому с целью изучения влияния на характеристики изделий способа формования из смеси состава № 2 четырьмя различными способами полусухого прессования получали опытные образцы и проверяли их соответствие требованиям ГОСТ 390-2018 по следующим показателям: отклонения размеров; показатели внешнего вида; прочность на сжатие; огнеупорность; водопоглощение.

Преимущества метода полусухого прессования заключаются в получении изделий с точными геометрическими размерами, однородных по плотности и пористости, прочных и стабильных по физико-химическим свойствам [19]. Основные операции метода полусухого прессования – подготовка исходных компонентов, приготовление шихты (смеси для формования) смешивание, укладка в формы, вибропрессование или прессование без вибрирования, выгрузка из форм и сушка получившихся изделий [20].

Выбор способа полусухого прессования проводили по соответствию характеристик изделий, полученных способами №№ 1–4 из смеси состава № 2, требованиям ГОСТ 390-2018.

Отклонения размеров огнеупорных изделий, полученных четырьмя способами полусухого прессования, по длине, ширине и высоте не превысили параметров, установленных ГОСТ. Поскольку отклонения по длине были не более 3 мм, по ширине и высоте – не более 2, данные изделия можно отнести к 1 классу огнеупорных изделий по ГОСТ 390-2018 «390-2018 Изделия огнеупорные шамотные и полукислые общего назначения. Технические условия».

В результате испытаний было установлено, что изделия, полученные способом № 1 имеют высокую трещиноватость – более 30 трещин шириной менее 1 мм и наличие трещин шириной более 1 мм, что не соответствует требованиям ГОСТ 390-2018. Поэтому в дальнейших испытаниях образцы, полученные способом № 1, не участвовали, и способ № 1 не рассматривался больше, как рабочий. Образцы, полученные способами №№ 2-4 (прессование с вибрированием)

соответствовали требованиям ГОСТ 390-2018 по показателям внешнего вида.

Для образцов, полученных способами №№ 2-4, определяли прочность на сжатие. Прочность образцов, полученных способом № 3, соответствует требованиям ГОСТ 390-2018 (изделия марки ПКВ) и составляет 13,4 МПа. Прочность образцов, полученных способами №№ 2-4, составляет 12,9 МПа и 12,8 МПа соответственно, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ 390-2018 к изделиям марки ПКВ, прочность которых должна быть не менее 13 МПа. Кроме того, количество трещин (показатель внешнего вида) на поверхности образцов оказалось наименьшим для образца № 3. Так, например, количество трещин до 1 мм для образцов, полученных способом № 2 – в среднем, 15 шт. на изделие, для образцов, полученных способом № 4, в среднем – 13 шт. на изделие, а для образцов, полученных способом № 3 – 7 шт. на изделие.

Определяли огнеупорность и открытую пористость образцов, полученных способом №3. Установлено, что огнеупорность образцов составляет 1620 °С, а открытая пористость – 23 %, что соответствует ГОСТ 390-2018 для изделий марки ПКВ

Таким образом, было установлено, что получение формованных огнеупорных изделий методом полусухого вибропрессования с предварительной подпрессовкой из гранулированной активированной цеолитсодержащей породы, цеолитсодержащей породы в виде тонкодисперсного порошка, высокомолекулярных полисиликатов и ортофосфорной кислоты позволяет получать изделия с минимальным количеством внешних дефектов и соответствующие требованиям к изделиям марки ПКВ подгруппы II по ГОСТ 390-2018 по отклонениям размеров, показателям внешнего вида, прочности на сжатие и огнеупорности. Оптимальные параметры процесса прессования огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомолекулярных полисиликатов: полусухое прессование при давлении 15 МПа в течение 3 с. с подпрессовкой при 5 МПа в течение 2 с. и виброударным воздействием частотой 50 рад/с. Разрабатываемые формованные огнеупорные изделия относятся к полукислым безобжиговым огнеупорам и могут применяться как огнеупоры общего назначения, для различных тепловых агрегатов.

Выводы:

1. Показано, что из цеолитсодержащей породы методом полусухого прессования можно получать формованные огнеупорные изделия. Разработан состав смеси для получения огне-

упорных формованных изделий на основе цеолитсодержащей породы, высокомодульных полисиликатов и ортофосфорной кислоты.

2. Установлено, что по физико-химическим параметрам – огнеупорности, прочности на сжатие, отклонениям размеров, показателям внешнего вида, водопоглощению и открытой пористости полученные образцы огнеупорных изделий соответствуют ГОСТ 390-2018.

3. Определены физико-механические параметры полученных огнеупорных изделий:

Предел прочности при сжатии, МПа – 13,4;

Огнеупорность, °С – 1620;

Открытая пористость, % – 23.

Источник финансирования. Грант в рамках реализации проекта № 43196 при финансовой поддержке Федерального государственного бюджетного учреждения «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щедрин М.П., Щербакова Н.Н. Перспективы потребления, развития производства и разработки новых видов огнеупорных материалов для стекольной промышленности // Вестник СГТУ. 2007. № 1. С. 58–62.
2. Baaske A. et al. Refractory raw materials--developments, trends, availability // S ahl und Eisen: Zeitschrift fuer die Herstellung und Verarbeitung von Eisen und Stahl. 2011. No. 4. С. 32–39.
3. Аксельрод Л.М. Черная металлургия, огнеупорные материалы. Реальность и прогнозы // Новые огнеупоры. 2017. No. 11. С. 3–14. DOI: 10.17073/1683-4518-2017-11-3-14.
4. Chinas Refractories Production and International Trade/ M.Xin, S.Pan, L.Fu e.a // China's Refractories. 2011. No. 3. P. 1–5.
5. Минаев Д., Рябов И., Костюченко С. Огнеупорный рынок // Металлоснабжение и сбыт. 2012. № 7–8. С.116–121.
6. Мягков А.С. Перспективы развития Российских предприятий по производству огнеупоров // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://uecs.ru/uecs54-542013/item/2215-2013-06-24-06-41-56> (дата обращения: 28.08.2019)
7. Пат. 10358, Республика Беларусь, МПК7 С 04В 35/66, С 04В 35/65, С 04В 38/02. Пористый огнеупорный материал / Дятлова Е. М., Какошко Е. С., Богинский Л. С., Саранцев В. В., Подболотов К. Б.; заявитель и патентообладатель Белорусский государственный технологический университет. No 20060979; заявл. 05.10.06; опубл. 28.02.2008, Бюл. № 2. 7 с.
8. Пат. 1722002 СССР, МПК С04В 26/04 91995.01) В28В 1/52 (195.01). Сырьевая смесь для изготовления футеровочного теплоизоляционного материала / Ключников А.П., Иванов В.Г., Никитин В.М., Завода В.М., Шпаков В.И., Пихутин И.А., Севрюков В.С., Юхнович З.З., Маликова М.Г.; заявитель и патентообладатель Красноярский металлургический завод им. В.И. Ленина. No 4655465/33; заявл. 27.02.1989. опубл. 18.05.1991, Бюл. № 1. 5 с.
9. Simonenko E.P., Simonenko N.P., Zharkov M.A., Shembel N.L., Simonov-Emel'yanov I.D., Sevastyanov V.G., Kuznetsov N.T. Preparation of high-porous SiC ceramics from polymeric composites based on diatomite powder // J. Mater. Sci. 2015. Vol. 50. No. 2. Pp. 733–744. DOI: 10.1007/s10853-014-8633-1.
10. Nagibin G.E., Proshkin A.V., Levchenko A.A., Kolosova M.M., Sbitnev A.G., Rezinkina O.A., Vshivkov A.Yu. Analysis of the properties of heat insulation materials based on Tatar deposit vermiculite // Refract Ind Ceram. 2009. No. 50. Pp. 77–81.
11. Руми М.Х., Ирмазова Ш.К., Файзиев Ш.А., Мансурова Э.П., Уразаева Э.М., Зуфаров М.А., Арушанов Г.М. Обогащенные первичные каолины Узбекистана как сырье для шамотных легковесных огнеупоров // Новые огнеупоры. 2019. № 3. С. 8–11. DOI: 10.17073/1683-4518-2019-3-8-11.
12. Хлыстов А.И., Власова Е.М. Получение штучных прессованных огнеупоров на основе ортофосфорной кислоты и минеральных шламов // Молодой ученый. 2017. № 1.1. С.163–165.
13. Убаськина Ю.А., Парагузов П.А., Шарова Н.В., Панкратова Е.В. Исследование отдельных эксплуатационных свойств лабораторных образцов сорбирующего матричного материала на основе природного цеолита для иммобилизации радионуклидов // Глобальная ядерная безопасность. 2017. № 4 (25). С.48–59.
14. Илларионов И.Е., Стрельников И.А. Теплоизоляционные металлофосфатные смеси и методы их применения в литейном производстве // ТиТМП. 2017. №1 (20). С. 27–30.
15. Кошкин Г.А., Батрашов В.М. Разработка безобжигового ультралегковесного жаростойкого материала на основе модифицированного фосфатного связующего и отходов промышленности Пензенской области // Вестник ПензГУ. 2016. № 3 (15). С. 48–52.
16. Мойзис Е.С., Капустин Е.С., Илюхин М.А. Разработка и применение новых высокоэффективных конструкционных огнеупорных материалов // Огнеупоры и техническая керамика. 2015. № 11/12. С. 34–37.

17. Хлыстов А.И., Соколова С.В. Структурное модифицирование жаростойких композитов растворами фосфатов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы региональной 59-ой научно-технической конференции, Самара. 2002. С. 157–159.

18. Илларионов И.Е., Стрельников И.А., Петрова Н.В., Журавлев А.Ф., Моляков А.А., Макаров С.Г. Металлофосфатные связующие и смеси, особенности их отверждения // Вестник

ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. 2012. № 4 (76). С. 262–265.

19. Драпалюк М. В. Технология бетона полусухого формования для элементов гидротехнических сооружений // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2009. № 27. С. 178–180.

20. Тарасов В.Н. Шлегель И.Ф. Теоретические аспекты полусухого прессования // Строительные материалы. 2005. № 10. С. 28–19.

Информация об авторах

Фетюхина Екатерина Геннадьевна, ведущий специалист ООО «Прайм». E-mail: kato-cat@mail.ru. Россия, 432002, Ульяновск, ул. Кролюницкого, 13-25.

Шарова Наталья Вячеславовна, генеральный директор ООО «Прайм». E-mail: ns.new.73@mail.ru. Россия, 432002, Ульяновск, ул. Кролюницкого, 13-25.

Парагузов Павел Александрович, генеральный директор ООО «Сталкер». E-mail: post.continental@gmail.com. Россия, 432027, г. Ульяновск, ул. Докучаева 24-6.

Поступила в сентябре 2019 г.

© Фетюхина Е.Г., Шарова Н.В., Парагузов П.А., 2019

^{1,*}*Fetuhina E.G., ¹Sharova N.V., ²Paraguzov P.A*

¹LLC "Prime"

Russia, 432002, Ulyanovsk, st. Krolunitskogo, 13-25

²LLC "Stalker"

Russia, 432027, Ulyanovsk, Dokuchaeva st. 24-6

*E-mail: kato-cat@mail.ru

SYNTHESIS OF MOULDED REFRACTORY PRODUCTS BASED ON ZEOLITE-BEARING ROCKS AND HIGH-MODULUS SILICATES

Abstract. The development of a new method for producing molded non-fired refractory materials is necessary to replace imported products with Russian-made products based on locally available raw materials, as well as increasing requirements to reduce energy costs and increase environment-friendly manufacturing. Samples of molded refractory products are obtained and tested on the basis of zeolite-containing rocks and high-modulus polysilicates. Zeolite-containing rocks are a common mineral, so the technology can be easily scaled, including in the European part of Russia, while traditional refractory raw materials are concentrated on the periphery of the Russian Federation. The strength and fire-resistant properties of these samples are due to the presence of phosphorus-silicate bonds. The type of binding is a chemical reaction based on the interaction of phosphates, alkaline silicates and other salts. Refractory molded products obtained by the non-burning method will be in high demand in the metallurgical, energy and chemical industries, and the use of available natural raw materials for their production is a guarantee of economic benefits for their manufacture and use. The technical characteristics of the obtained samples are determined: strength of refractory products, bulk mass, fire resistance, residual strength of samples after their heating to the application temperature, water absorption of samples, limits of permissible deviations of sizes, indicators of the appearance of products.

Keywords: zeolite-containing rocks, polysilicates, molded refractories, non-burning technology, physical and mechanical properties

REFERENCES

1. Shchedrin M.P., Shcherbakova N. N. Consumption, production development and designing aspects of new refractory products used in glass industry [Perspektivy potrebleniya, razvitiya proizvodstva i razrabotki novykh vidov ognepurnykh materialov

dlya stekol'noj promyshlennosti]. Vestnik SGTU. 2007. No. 1. Pp. 58–62. (rus)

2. Baaske A. Refractory raw materials - developments, trends, availability. Stahl und Eisen: Zeitschrift fuer die Herstellung und Verarbeitung von Eisen und Stahl. 2011. No. 4. Pp. 32–39.

3. Aksel'rod L.M. Iron and steel industry, refractory materials: reality and estimates [Chernaya

metallurgia, огнеупорные материалы. Real'nost i prognozy]. New Refractories. 2017. No. 11. Pp. 3–14. DOI: 10.17073/1683-4518-2017-11-3-14. (rus)

4. Xin M., Pan S., Fu L.e.a Chinas Refractories Production and International Trade. China's Refractories. 2011. No. 3. Pp. 1–5.

5. Minaev D., Ryabov I., Kostyuchenko S. Refractory market [Ogneupornyj rynek]. Metallosnabzhenie i sbyt. 2012. No. 7–8. Pp. 116–121. (rus)

6. Myagkov A.S. Prospects of development of Russian enterprises for the production of refractories [Perspektivy razvitiya Rossijskikh predpriyatij po proizvodstvu ogneuporov]. Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal. 2013. No. 6. AdobeAcrobatReader. URL: <http://uecs.ru/uecs54-542013/item/2215-2013-06-24-06-41-56> (date of treatment: 28.08.2019) (rus)

7. Dyatlova E.M., Kakoshko E.S., Boginskij L.S., Sarancev V.V., Podbolotov K.B. Porous refractory material. Patent RB, no. 20060979, 2008.

8. Klyuchnikov A.P., Ivanov V.G., Nikitin V.M., Zavoda V.M., SHpakov V.I., Pihutin I.A., Sevryukov V.S., Yuhnovich Z.Z., Malikova M.G. Raw mix for production of lining heat-insulating material. Patent RF, no. 4655465/33, 1991.

9. Simonenko E.P., Simonenko N.P., Zharkov M.A., Shembel N.L., Simonov-Emel'yanov I.D., Sevastyanov V.G., Kuznetsov N.T. Preparation of high-porous SiC ceramics from polymeric composites based on diatomite powder. J. Mater. Sci. 2015. Vol. 50. No. 2. Pp. 733–744. DOI: 10.1007/s10853-014-8633-1.

10. Nagibin G.E., Proshkin A.V., Levchenko A.A., Kolosova M.M., Sbitnev A.G., Rezinkina O.A., Vshivkov A. Yu. Analysis of the properties of heat insulation materials based on Tatar deposit vermiculite. Refract Ind Ceram. 2009. No. 50. Pp. 77–81.

11. Rumi M.H., Irmatova Sh.K., Fajziev Sh.A., Mansurova E.P., Urazaeva E.M., Zufarov M.A., Arushanov G.M. Enriched primary kaolins of Uzbekistan as a raw material for chamotte lightweight refractories [Obogashchennye pervichnye kaoliny Uzbekistana kak syr'e dlya shamotnyh legkovesnyh ogneuporov]. Novye ogneupory (New Refractories). 2019. No. 3. Pp. 8–11. DOI: 10.17073/1683-4518-2019-3-8-11 (rus)

12. Hlystov A. I., Vlasova E. M. Production of piece pressed refractories based on phosphoric acid and mineral slurries [Poluchenie shtuchnyh pressovannyh ogneuporov na osnove ortofosfornoj kisloty i mineral'nyh shlamov]. Molodoj uchenyj. 2017. No. 1.1. Pp. 163–165. (rus)

13. Ubas'kina Yu.A., Paraguzov P.A., Sharova N.V., Pankratova E.V. The Research of Selected Operational Properties of Sorbing Matrix Material Laboratory Samples on the Base of Natural Zeolite for Radionuclide Immobilization [Issledovanie

otdel'nyh ekspluatacionnyh svojstv laboratornyh obrazcov sorbiruyushchego matrichnogo materiala na osnove prirodnogo ceolita dlya immobilizacii radionuklidov]. Global nuclear safety. 2017. No. 4(25). Pp. 48–59. (rus)

14. Illarionov I.E., Strel'nikov I.A. Heat-insulating metal-phosphate mixtures and methods of their application in foundry [Teploizolyacionnye metallofosfatnye smesi i metody ih primeneniya v litejnom proizvodstve]. Teoriya i tekhnologiya metallurgicheskogo proizvodstva. 2017. No. 1 (20). Pp. 27–30. (rus)

15. Koshkin G.A., Batrashov V.M. Development of non-burning ultra-lightweight heat-resistant material based on modified phosphate binder and industrial waste of the Penza region [Razrabotka bezobzhigovogo ul'tralekgovesnogo zharostojkogo materiala na osnove modificirovannogo fosfatnogo svyazuyushchego i othodov promyshlennosti Penzenskoj oblasti]. Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. No. 3 (15). Pp.48–52. (rus)

16. Moyzis E.S., Kapustin R.D., Iluhin M.A. Development and application of new high-performance constructional refractory materials [Razrabotka i primeneniye novykh vysokoeffektivnykh konstrukcionnyh ogneupornyh materialov]. Ogneupory i tekhnicheskaya keramika. 2015. No. 11/12. Pp. 34–37. (rus)

17. Hlystov A.I., Sokolova S.V. Structural modification of heat-resistant composites with phosphate solutions [Strukturnoe modificirovanie zharostojkikh kompozitov rastvorami fosfatov]. Aktual'nye problemy v stroitel'stve i arhitekture. Obrazovanie. Nauka. Praktika. Materialy regional'noj 59-oj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Samara. 2002. Pp. 157–159. (rus)

18. Illarionov I.E., Strel'nikov I.A., Petrova N.V., Zhuravlev A.F., Molyakov A.A., Makarov S.G. Metallophosphates binders and mixtures, the features of their cure [Metallofosfatnye svyazuyushchie i smesi, osobennosti ih otverzhdeniya]. Vestnik ChPGU im. I. Ya. Yakovleva. 2012. No. 4 (76). Pp. 262–265. (rus)

19. Drapalyuk M.V. Technology of semi-dry concrete forming for elements of hydraulic structures [Tekhnologiya betona polusuhogo formovaniya dlya elementov gidrotekhnicheskikh sooruzhenij]. Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta. 2009. No. 27. Pp. 178–180. (rus)

20. Tarasov V.N., Schlegel I. F. Theoretical aspects of semi-dry pressing [Teoreticheskie aspekty polusuhogo pressovaniya]. Stroitel'nye materialy. 2005. No.10. Pp. 28–19. (rus)

Information about the authors

Fetuhina, Ekaterina G. Leading specialist of LLC “Prime” E-mail: kato-cat@mail.ru. Russia, 432002, Ulyanovsk, st. Krolunitskogo, 13-25.

Sharova, Natalia V. General Director of LLC “Prime” E-mail: ns.new.73@mail.ru. Russia, 432002, Ulyanovsk, st. Krolunitskogo, 13-25.

Paraguzov, Pavel A. General Director of LLC “Stalker” E-mail: post.continental@gmail.com. Russia, 432027, Ulyanovsk, Dokuchaeva st. 24-6

Received in September 2019

Для цитирования:

Фетюхина Е.Г., Шарова Н.В., Парагузов П.А. Получение формованных огнеупорных изделий на основе цеолитсодержащих пород и высокомодульных полисиликатов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 112–120. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-112-120

For citation:

Fetuhina E.G., Sharova N.V., Paraguzov P.A. Synthesis of moulded refractory products based on zeolite-bearing rocks and high-modulus silicates. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 112–120. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-112-120

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-121-129

Борисов И.Н., *Стронин А.А., Классен В.К.*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46***E-mail: alexanderstronin@yandex.ru*

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЛЬНИЦЕ ОТКРЫТОГО ЦИКЛА ДВУХШАРОВОЙ МЕЛЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ АССОРТИМЕНТАМИ

Аннотация. В настоящее время цемент является наиболее распространенным вяжущим материалом, широко употребляющимся при производстве строительных работ. В последнее время все чаще стали использовать высокомарочный цемент по сравнению с рядовым. Это обусловлено тем, что чем выше марка цемента, тем меньше его количества необходимо для приготовления строительного раствора, а это в свою очередь приводит к экономической выгоде, т.к. цемент на современном рынке обладает сравнительно большой стоимостью. Высокая цена является следствием больших энергетических затрат, связанных с производством цемента. Отсюда вытекает необходимость в поиске путей, позволяющих интенсифицировать технологический процесс производства цемента. Авторами данной статьи продолжается проведение научных исследований, заключающихся в обосновании рациональности использования во второй камере мельницы двухшаровой загрузки. В данной работе сравнивается эффективность работы второй камеры мельницы при использовании двухшаровой загрузки по сравнению с несколькими вариантами традиционной загрузки и обстоятельно доказывается рациональность замены традиционных типов мелющих загрузок на двухшаровую. По результатам предыдущих исследований были выбраны несколько наиболее характерных ассортиментов двухшаровой загрузки, позволяющих за сравнительно короткое время измельчения получить готовый продукт с высокой тонкостью помола. Первый вариант традиционной загрузки, характеризуется тем, что во вторую камеру мельницы загружается ассортимент мелющих тел, состоящий только из шаров одного диаметра, второй вариант отличается от первого тем, что размольные шары заменены на цельнебс. Между тем ассортимент мелющей загрузки первой камеры у них одинаков.

Ключевые слова: измельчение клинкера, цементная мельница, мелющая загрузка, цельнебс, дисперсные характеристики.

Измельчение цемента является завершающей стадией его производства, помимо этого именно здесь окончательно формируется качество и потребительские свойства выпускаемой продукции, что в свою очередь влияет на конкурентоспособность предприятия [1]. Себестоимость реализуемого товара включает в себя все финансовые расходы, связанные с его производством [2]. В эти затраты, входит также общий расход электроэнергии, связанный с изготовлением цемента.

В условиях современного рынка, построенного на конкурентной основе, успех работы любого предприятия, независимо от того какой деятельностью оно занимается, зависит от его конкурентоспособности [3]. Поэтому руководители заинтересованы в применении на производстве энергоэффективных технологий и энергосберегающего оборудования [4]. В сфере производства строительных материалов цементная промышленность относится к самому энергоемкому производству. Удельный расход электроэнергии в зависимости от способа производства составляет 90 – 150 кВт·ч/т цемента [5]. При этом доля электроэнергии, затрачиваемая непосредственно на

измельчение цемента, колеблется в пределах от 40 до 50 % [6].

Из выше приведенных цифр видно, что необходимо разрабатывать и внедрять энергосберегающие технологии. В частности, для снижения энергопотребления в цехе помола широко используют перевод цементной шаровой мельницы на замкнутый цикл [7]. В данном случае направление совершенствования технологии измельчения цемента в мельницах сводится к созданию более совершенных типов сепараторов, отличающихся высокой степенью разделения частиц размолотого материала [8–11].

На сегодняшний день существует еще один довольно распространенный метод снижения удельного расхода электроэнергии, заключающийся в модернизации деталей и узлов шаровой мельницы, а также ее внутренней оснастки [12–14]. В этом направлении разрабатываются износостойкие материалы бронифутеровок, позволяющие увеличить количество часов бесперебойной работы помольного агрегата [15–17], виды профиля бронеплит [18], совершенствуется конструкция межкамерных перегородок [19–21].

Снизить энергоемкость процесса измельчения цемента в мельнице можно путем использования во второй камере рациональной по составу мелющей загрузки, которая обеспечит возможность получения в мельнице открытого цикла без изменения мелющей загрузки как рядовых, так и высокомарочных цементов без использования воздушных сепараторов, что приведет к снижению энергетических затрат, связанных с помолом.

В настоящее время для тонкого измельчения цемента во второй камере производственной мельницы используются только мелющие шары диаметром от 15 до 50 мм [22]. В советское время для этой цели служил цельпёбс [23]. Лабораторная мелющая загрузка (МЗ), моделирующая процесс измельчения клинкера в производственных условиях, нами названа традиционной ТР31, ассортимент которой представлен в таблице 1. В этой же таблице представлены все ассортименты МЗ, участвующих в экспериментах.

Согласно методике ГИРОЦЕМЕНТ определения размолоспособности, ассортимент мелющей загрузки для лабораторной мельницы следующий. I камера: Ø74=10 кг; Ø60=9 кг; Ø54=16 кг; Ø40=20 кг; II камера: цельпёбс. Коэффициент заполнения и общая масса мелющих тел в обеих камерах 0,2 и 55 кг, соответственно. Данная загрузка названа ТР32.

Из большого количества разных вариантов ассортимента двухшаровой мелющей загрузки (ДШЗ) [24–26] нами был выбран Ø40+мелкий шар. Выбор был продиктован возможностью получения за сравнительно короткое время помола

высокомарочного цемента в мельнице открытого цикла.

Цель исследований: показать возможность получения в мельнице открытого цикла без использования сепаратора готового продукта с улучшенными значениями показателей, характеризующих тонкость помола, по сравнению с традиционно применяемым для этой цели ассортиментом размольных шаров и цельпёбса.

Задачи исследований:

- осуществить измельчение клинкера с использованием в мельнице традиционной мелющей загрузки (ТР31);
- в течение всего процесса помола измерять значения показателей дисперсных характеристик, таких как удельная поверхность, суммарный остаток на контрольном сите №008, по завершению процесса помола определить содержание основных фракций в порошке продукта измельчения и ширину гранулометрического интервала;
- по полученным данным графически построить кинетику изменения дисперсных характеристик во времени размалываемого материала;
- осуществить повторное измельчение клинкера, при этом заменив шаровую загрузку второй камеры на цельпёбс (ТР32);
- построить аналогичные графики зависимостей показателей дисперсных характеристик от времени;
- на основании полученных результатов исследований, провести сравнительный анализ и сделать заключение.

Таблица 1

Ассортименты МЗ, использованные в рамках научной работы

Наименование мелющей загрузки	Ассортимент мелющей загрузки	
	I камера	II камера
Традиционная (ТР31)	Ø74/Ø60/Ø54/Ø40	мелкий шар одного диаметра
Традиционная (ТР32)	Ø74/Ø60/Ø54/Ø40	цельпёбс
Двухшаровая	Ø74/Ø54 (ПШУ)	Ø40+мелкий шар

В рамках данных научных исследований использовался клинкер, производства ЗАО «Осколцемент» фракции -5+1,25 мм. Измельчение проводили без гипса в мельнице ГИПРОЦЕМ 0,5х0,56 м, объемом 10 л. При работе с двухшаровой загрузкой в целях достижения чистоты эксперимента в первой камере использовали энергоэффективную мелющую загрузку, менее чувствительную к колебаниям фракционного состава, загружаемого материала. В качестве такой загрузки было решено использовать плотную шаровую упаковку (ПШУ) [27] с ассортиментом мелющих тел Ø74/Ø54=2:1. В остальных случаях в первой камере была загрузка Ø74/Ø60/Ø54/Ø40,

в которой масса шаров диаметром 74 мм составила 10 кг, 60 мм – 9 кг, 54 мм – 16 кг и 40 мм – 20 кг. Во всех экспериментах масса мелющей загрузки в обеих камерах имела одинаковое значение равное 55 кг.

Моделирование работы второй камеры осуществляли следующим образом. Вначале исследуемый клинкер измельчался в первой камере на ПШУ или Ø74/Ø60/Ø54/Ø40, в зависимости от эксперимента, в течение 10 мин, затем из мельницы извлекались размольные шары, и загружалась исследуемая мелющая загрузка. Таким образом, время измельчения клинкера в камере тонкого помола составило 30 мин, общее время измельчения – 40 мин.

Через каждые 10 мин помола от порошка размалываемого материала отбирались пробы для установления величины удельной поверхности и остатка на контрольных ситах № 02 и 008. По завершении процесса измельчения у готового

продукта определяли гранулометрический состав, а также ширину фракционного состава на приборе ANALYSETTE 22 NanoTec plus. Полученные результаты представлены на рисунках 1 – 2.

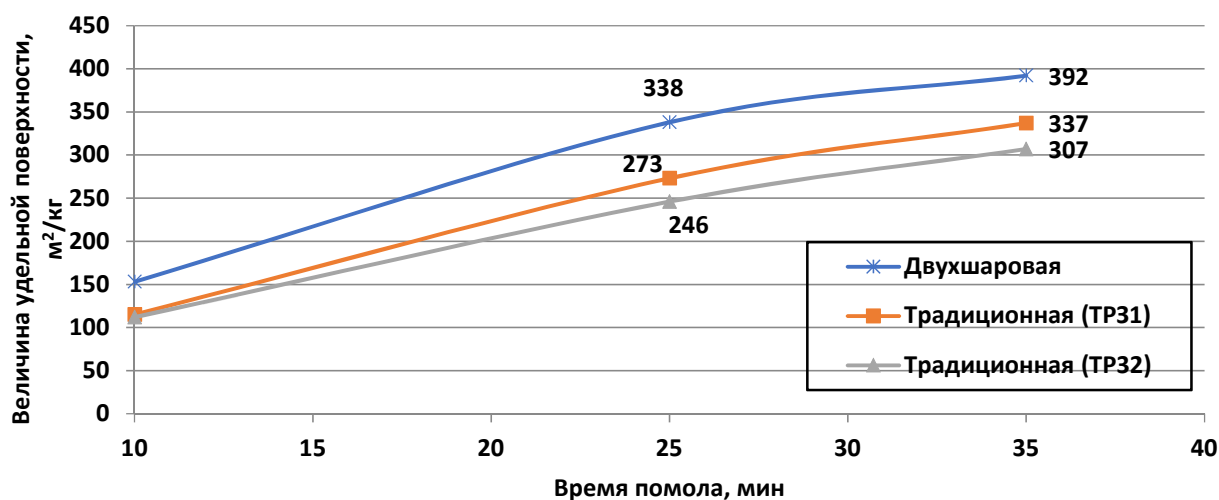


Рис. 1. Кинетика изменения удельной поверхности размалываемого клинкера во второй камере

Помол клинкера на ТР31 приводит к следующим результатам: через 10 мин помола в первой камере удельная поверхность составляет $115 \text{ м}^2/\text{кг}$, $\Sigma R_{008}=51,3\%$, к 25 и 35 минуте помола указанные показатели имеют значения $S_{уд}=323 \text{ м}^2/\text{кг}$, $\Sigma R_{008}=7,4 \%$, и $S_{уд}=385 \text{ м}^2/\text{кг}$, $\Sigma R_{008}=3,4 \%$, соответственно (рис. 1 – 2). Заменяя двухшаровую загрузку в мельнице на традиционную (ТР31) у готового продукта по завершению процесса помола наблюдается уменьшение величины удельной поверхности на 14 % и увеличение в 2 раза суммарного остатка на сите №008.

Измельчение клинкера на загрузке ТР32 приводит к получению продукта измельчения с ухудшенными значениями дисперсных характеристик. Так по завершении процесса измельчения удельная поверхность составила $367 \text{ м}^2/\text{кг}$, полный остаток на сите №008 6,4 %.

Заменяя во второй камере мельницы ассортимент мелющих загрузок ТР31 (состоящей из размольных шаров одного диаметра) на цельпес, наблюдается увеличение в 2 раза суммарного остатка на сите №008 и примерно на 5 % уменьшается удельная поверхность на момент окончания помола клинкера.

Если проводить численное сравнение дисперсных характеристик готового продукта, измельченного на ТР32, с клинкером, измельченным на двухшаровой загрузке, то в данном случае негативный эффект использования цельпеса становится еще более очевидным. При этом ΣR_{008} возрастает с 1,7 % до 6,4 %, т.е. увеличивается в 4 раза, в то же время $S_{уд}$ уменьшается на

22 % (с $392 \text{ м}^2/\text{кг}$ до $307 \text{ м}^2/\text{кг}$). Аналогичная зависимость наблюдается на промежуточной стадии измельчения.

По завершению процесса измельчения клинкеров на разных мелющих загрузках, у продукта измельчения определяли гранулометрический состав, полученные результаты представлены на рис. 3 в виде гистограммы.

Из рис. 3 видно, что порошок клинкера, полученный с использованием во второй камере мельницы цельпеса характеризуется повышенным содержанием крупной фракции (24,48 %) и пониженным количеством мелкой фракции (12,48 %), содержание частиц размером 5–30 мкм составило 66,04 %.

В случае замены цельпеса на мелющие шары одного диаметра (помол на загрузке ТР31) наблюдается увеличение количества частиц размером менее 5 мкм на 3 %, уменьшение содержания частиц размером более 30 мкм на 5 %, но при этом доля средней фракции изменяется не значительно.

Помол на двухшаровой загрузке позволяет увеличить содержание средней фракции до 69,78 %, мелкой до 17,6 %, при этом снизив долю крупной фракции до 12,62 %. порошок клинкера, полученный на этой загрузке, по сравнению с порошком, полученным на ТР31, содержит на 5 % больше частиц размером – 30 мкм,

Проводя аналогичное сравнение влияния на гранулометрический состав порошка клинкера между двухшаровой загрузкой и ТР32 видно, что в данном случае эффективность использования двухшаровой загрузки становится более очевидной, т.к. в данном случае происходит увеличение

содержания мелкой фракции на 5 %, количество крупной фракции, наоборот, уменьшается в 2 раза. Доля средней фракции заметным образом не изменяется.

Ширина гранулометрического интервала порошка клинкера, измельченного на загрузке

ТР32, на 12 % больше чем у клинкера, измельченного на загрузке ТР31 (рис. 4). После проведения замены ТР32 на двухшаровую загрузку произошло снижение величины данного показателя на 17 %.

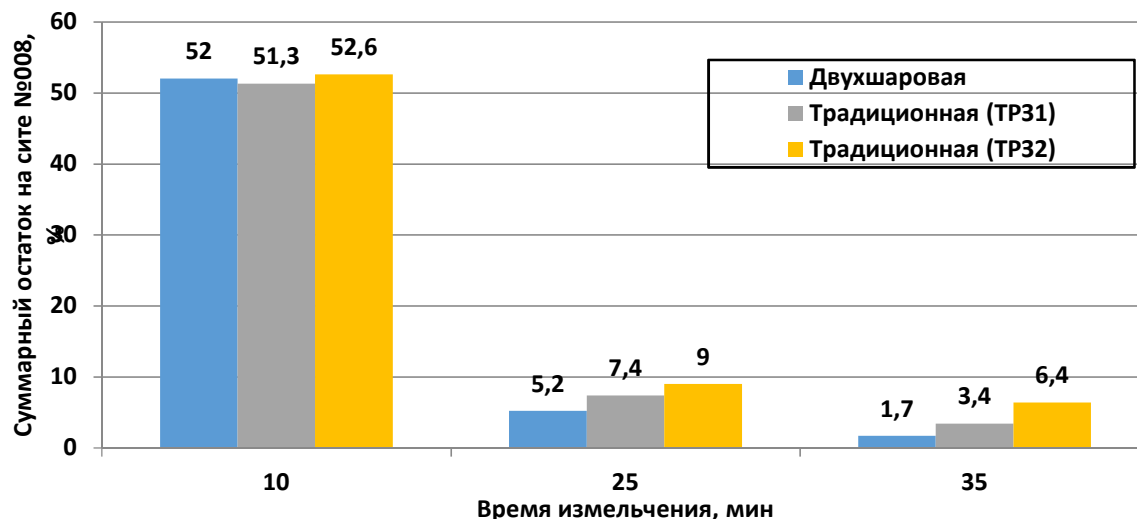


Рис. 2. Кинетика изменения полного остатка на сите №008 размалываемого клинкера во II камере

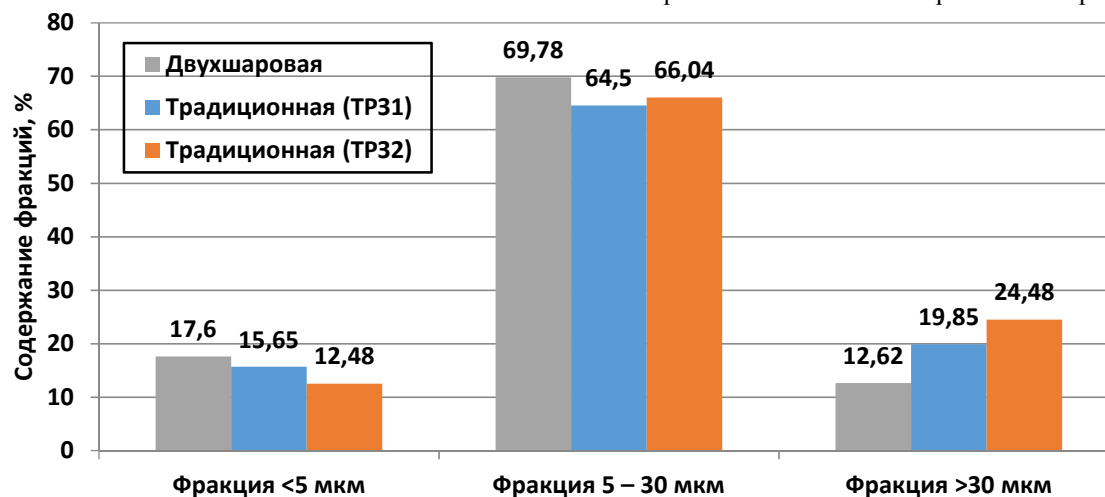


Рис. 3. Содержание основных фракций в порошке клинкера после 35 мин помола

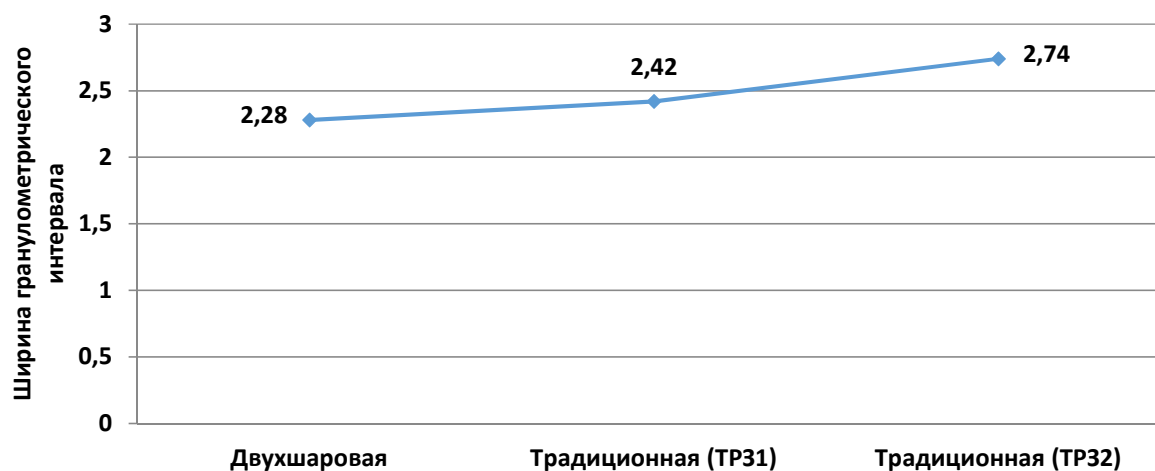


Рис. 4. Влияние ассортимента мелющих тел второй камеры мельницы на ширину гранулометрического интервала

Исходя из всего выше сказанного, можно сделать следующие выводы:

– Замещение мелющих шаров второй камеры мельницы на цельпебс сопровождается снижением на 9 % величины удельной поверхности (на момент завершения помола), при этом происходит увеличение в 2 раза остатка на контрольном сите №008 (также в конце измельчения). Кроме того, подобная замена не сказывается ощутимым образом на содержании основных фракций в порошке готового продукта. Аналогичная зависимость наблюдается и на промежуточной стадии измельчения (т.е. на 25 мин помола);

– Замещение мелющей загрузки ТР31 на двухшаровую сопровождается увеличением удельной поверхности на 19 % и 14 %, уменьшением полного остатка на сите №008 в 1,5 раза и в 2 раза к 25 мин и 35 мин, соответственно.

– Проводя аналогичное сравнение двухшаровой загрузки и ТР32 следует, что преимущество первой заключается в возможности получения готового продукта с величиной удельной поверхности на 22 % превышающей значения удельной поверхности порошка клинкера, полученного на загрузке ТР32, одновременно с этим происходит снижение в 4 раза суммарного остатка на контрольном сите №008. Различие в гранулометрическом составе у порошков продукта измельчения, полученного с использованием рассматриваемых мелющих загрузок не значительное.

– Наличие цельпебса во второй камере мельницы приводит к образованию полидисперсного продукта измельчения (обладающего широким гранулометрическим интервалом), двухшаровая загрузка наоборот способствует получению продукта с более однородным (узким) фракционным составом.

В ходе проведения научных исследований установлено, что суммарное использование ПШУ (предназначенной только для первой камеры) и двухшаровой мелющей загрузки гораздо более эффективно, чем использование традиционной мелющей загрузки любого ассортимента, т.к. позволяет за одно и то же время помола получить порошок клинкера, имеющего улучшенные значения показателей тонкости помола, по сравнению с порошками, полученными на традиционных загрузках. Это находит отражение в пониженном суммарном остатке на контрольном сите №008 и высоким значением удельной поверхности. Применение двухшаровой загрузки помимо всего выше перечисленного позволяет получать более однородный по фракционному составу порошок.

Целью дальнейших научных исследований является установление оптимального ассортимента мелющих тел во второй камере мельницы, позволяющего без перевода мельницы на замкнутый цикл, получать в помольном агрегате высокомарочный цемент.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крыхтин Г.С., Кузнецов Л.Н. Интенсификация работы мельниц. Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1993. 240 с.
2. Айхас К. Оптимизация работы помольных установок // Цемент и его применение. 2015. №4. С. 32–36.
3. Яркина Т.В. Основы экономики предприятия: краткий курс. М.: Российский гуманитарный интернет-университет (РГИУ), 2005. 85 с.
4. Буянова А.С., Девятаева Н.В. Применение энергоэффективных и энергосберегающих технологий в цементной отрасли России // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. №3-1. С. 161–164.
5. Дуда В. Цемент. М.: Стройиздат. 1981. 484 с.
6. Синякин А.Г. Снижение энергоемкости помола цемента за счет использования добавок интенсификаторов помола SIKAGRIND // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. №4. С. 34 – 36.
7. Теличенко В.А., Шарапов Р.З., Скуль В.И., Харламов Е.В. Анализ эффективности процесса измельчения в шаровых мельницах замкнутого цикла // Механизация строительства. 2016. Т. 77. №11. С. 13–17.
8. Хальбур М. Сепараторы, которые повесят удовлетворить требования будущего // Цемент и его применение. 2015. №4. С. 52–54.
9. Марешаль М.Ф. Новый высокоэффективный сепаратор // Цемент и его применение. 2017. №4. С. 100–101.
10. Рогачев С.П., Ларин А.В. Преимущества применения сепараторов 4-го поколения при модернизациях помольных линий // Цемент и его применение. 2018. №3. С. 62–64.
11. Богданов В.С., Богданов Д.В., Анненко Д.М., Герасименко В.Б., Помазов Д.А. Анализ эффективности измельчения в шаровых замкнутого цикла // Межвузовский сборник научных статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов» Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. С. 20–27.
12. Тишакова И.С., Юрьева М.В. Наклонная межкамерная перегородка // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1748–1750.
13. Тишакова И.С., Юрьева М.В. Двойная

наклонная межкамерная перегородка для трубной сепараторной мельницы // Образование, наука, производство Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1742–1747.

14. Несмеянов Н.П., Картыгин А.В. Внутримельничные устройства и их влияние на процесс измельчения цементного клинкера // В сб.: Научные технологии и инновации: сб. науч. трудов по итогам Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 115–118.

15. Тишак И.С., Еремченко С.М. Бронефутеровка трубной мельницы // Образование, наука, производство Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1547–1550.

16. Богданов В.С., Хахалев П.А., Масловская А.Н. Методика проектирования энергообменных футеровок шаровых барабанных мельниц // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 67–72.

17. Дегтярев П.А. Шаровая мельница 2,6Х5,75 м с различными вариантами футеровочных плит // IX Международная научно-практическая конференция молодых студентов, аспирантов и ученых. Сборник докладов в 4-х томах. Белгородский технологический университет им. В.Г. Шухова. 2018. С. 27–29.

18. Порсев М.А. Модернизация конструкции бронефутеровочных плит в шаровых мельницах // Цемент и его применение. 2013. №5. С. 44–47.

19. Смольков М.Г. Трехсекционная межкамерная перегородка трубной шаровой мельницы // VII Международная научно-практическая конференция молодых студентов, аспирантов и ученых. Сборник докладов в 3-х томах. Белгородский технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 276–279.

20. Порсев М.А., Чуманов И.В. К вопросу о повышении ресурса работы межкамерных пере-

городок цементных мельниц // Цемент и его применение. 2016. №6. С. 62–65.

21. Мамотов С.М., Мамотов Д.И. Анализ конструкции внутримельничного устройства с наклонной перегородкой // Международная научно-практическая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 2630–2634.

22. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Крыхтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. М.: Стройиздат. 1966. 270 с.

23. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Учебник для вузов. М.: Недра. 1985. 285 с.

24. Барбанягрэ В.Д., Стронин А.А. Влияние на гранулометрический состав клинкера ассортимента мелющих тел и интенсификатора помола // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №1. С. 71–75.

25. Барбанягрэ В.Д., Стронин А.А. Исследование влияния диаметра крупного шара в мелющей загрузке мельницы открытого цикла на дисперсные характеристики клинкера // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №5. С. 60–65.

26. Стронин А.А., Барбанягрэ В.Д. Сравнение эффективности использования разных типов плотной шаровой загрузки при измельчении портландцементного клинкера // Труды II Международной науч.-техн. конф. «Энергетические системы» (23 – 24 ноября 2017 г.). Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С. 554–558.

27. Пат 2477659, Российская федерация, МПК В02С 17/20. Шаровая загрузка барабанной мельницы / В.Д. Барбанягрэ; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова". № 2010121271/13; заявл. 25.05.2010; опубл. 20.03.2013.

Информация об авторах

Борисов Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Стронин Александр Анатольевич, аспирант кафедры технологии цемента и композиционных материалов. E-mail: alexanderstronin@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Класен Виктор Корнеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в октябре 2019 г.

© Борисов И.Н., Стронин А.А., Класен В.К., 2019

Borisov I.N., *Stronin A.A., Klassen V.K.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

*E-mail: alexanderstronin@yandex.ru

ADVANTAGE OF RECOVERY THE DOUBLE-BALL GRINDING MEDIA IN THE SECOND CHAMBER OF THE MILL OPEN CYCLE IN CONTRAST TO TRADITIONAL ASSORTMENT OF GRINDING MEDIAS

Abstract. At present, cement is the most common binding material widely used in construction work. Recently, high-quality cement has become increasingly used in comparison with ordinary cement. This is due to the fact that the use of high grade cement requires a smaller amount for the preparation of mortar, it is economically viable, because in today's market, cement has a relatively high cost. The high price is a consequence of the high energy costs associated with the production of cement. This implies the need to find ways to intensify the technological process of cement production. The authors of this article continue to conduct scientific research, which consists in substantiating the rationality of recovery a double-ball media in the second chamber mill. This paper compares the efficiency of the second chamber of the mill when using a double-ball grinding media in comparison with several variants of the traditional media and thoroughly proves the rationality of replacing the traditional types of grinding media with a double-ball. Based on the results of previous studies, several of the most characteristic assortments of double-ball media are selected, which made it possible to obtain a finished product with a high fineness of grinding in a relatively short grinding time. The first variant of the traditional loading is characterized by the fact that the second chamber of the mill is loaded with an assortment of grinding bodies consisting only of balls of the same diameter; the second variant differs from the first in that the grinding balls are replaced with cylpebs. Meanwhile, the assortment of grinding media for the first chamber is the same.

Keywords: grinding of clinker, cement mill, grain size composition, cylpebs, dispersed characteristics.

REFERENCES

1. Krykhtin G.S., Kuznetsov L.N. Intensification of work of mills [Intensifikatsiya raboty mel'nic]. Novosibirsk: «Science». 1993, 240 p. (rus)
2. Aykhas K. Optimization of the grinding plant [Optimizatsiya raboty pomol'nyh ustanovok]. Bulletin of Cement and its application. 2015. No. 4. Pp. 32–36. (rus)
3. Yarkina T.V. Basics of Enterprise Economics: a short course [Osnovy ekonomiki predpriyatiya: kratkij kurs]. M.: Rossijskij humanitarnyj internet-universitet (RGIU), 2005, 85 p. (rus)
4. Buyanova A.S., Devyataeva N.V. The use of energy-efficient and energy-saving technologies in the cement industry in Russia [Primenenie energoeffektivnyh i energosberegayushchih tekhnologij v cementnoj otrasli Rossii]. Bulletin actual problems of the humanities and natural sciences. 2014. No. 3-1. Pp. 161–164. (rus)
5. Duda V. Cement [Cement]. Moscow: Stroyizdat. 1981, 484 p. (rus)
6. Sinyakin A.G. Reducing the energy intensity of grinding cement through the use of additives intensifiers grinding SIKAGRIND [Snizhenie energoemkosti pomola cementa za schet ispol'zovaniya dobavok intensivifikatorov pomola SIKAGRIND]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2007. No. 4. Pp. 34–36. (rus)
7. Telichenko V.A., Sharapov R.Z., Skel' V.I., Harlamov E.V. Analysis of the effectiveness of the grinding process in ball mills closed loop [Analiz effektivnosti processa izmel'cheniya v sharovyh mel'nicah zamknutogo cikla]. Bulletin Mechanization of construction. 2016. Vol. 77. No. 11. Pp. 13–17. (rus)
8. Hal'bur M. Separators that will satisfy future demands [Separatory, kotorye povelyat udovletvorit' trebovaniya budushchego]. Bulletin of Cement and its application. 2015. No. 4. Pp. 52–54. (rus)
9. Mareshal' M.F. New high performance separator [Novyj vysokoeffektivnyj separator]. Bulletin of Cement and its application. 2017. No. 4. Pp. 100–101. (rus)
10. Rogachev S.P., Larin A.V. Advantages of using 4th generation separators for grinding line upgrades [Preimushchestva primeneniya separatorov 4-go pokoleniya pri modernizacii pomol'nyh linij]. Bulletin of Cement and its application. 2018. No. 3. Pp. 62–64. (rus)
11. Bogdanov V.S., Bogdanov D.V., Annenko D.M., Gerasimenko V.B., Pomazov D.A. Analysis of the effectiveness of grinding in a ball closed loop [Analiz effektivnosti izmel'cheniya v sharovyh zamknutogo cikla]. Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh statej «Energosberegayushchie tekhnologicheskie komplekсы i oborudovaniya dlya proizvodstva stroitel'nyh materialov» Belgorod: BGТУ im. V.G. Shukhova, 2017. Pp. 20–27. (rus)
12. Tishakova I.S., Yur'eva M.V. Inclined intercameral partition [Naklonnaya mezhkamernaya peregorodka]. Bulletin Education, science, production.

Belgorod BSTU named after V.G. Shukhov, 2015. Pp. 1748–1750. (rus).

13. Tishakova I.S., Yur'eva M.V. Double inclined intercameral partition for pipe separator mill [Dvojnaya naklonnaya mezhkamernaya peregorodka dlya trubnoj separatornoj mel'nicy]. Bulletin Education, science, production. Belgorod BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. Pp. 1742–1747. (rus)

14. Nesmeyanov N.P., Kartygin A.V. Intrabeling devices and their influence on the grinding process of cement clinker [Vnutrimel'nicnye ustrojstva i ih vliyanie na process izmel'chenie cementnogo klinkera]. V sbornike Naukoemkie tekhnologii i innovacii: sb. nauch. trudov po itogam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Belgorod BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. Pp. 115–118. (rus)

15. Tishakova I.S., Eremchenko S.M. Tube mill armor [Bronefuterovka trubnoj mel'nicy]. Bulletin Education, science, production. Belgorod BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. Pp. 1547–1550. (rus)

16. Bogdanov V.S., Hahalev P.A., Maslovskaya A.N. Technique of designing energy-exchange lining of ball drum mills [Metodika proektirovaniya energoobmennyyh futerovok sharovyh barabannyh mel'nic]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 1. Pp. 67–72. (rus)

17. Degtyarev P.A. Ball mill 2.6X5.75 m with various options for lining plates [Sharovaya mel'nica 2,6H5,75 m s razlichnymi variantami futerovochnyyh plit]. IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh studentov, aspirantov i uchenyyh. Sbornik dokladov v 4-h tomah. Belgorodskij tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2018. Pp. 27–29. (rus)

18. Porsev M.A. Modernization of the design of armored lining plates in ball mills [Modernizaciya konstrukcii bronefuterovochnyyh plit v sharovyh mel'nicah]. Bulletin of Cement and its application. 2013. No. 5. Pp. 44–47. (rus)

19. Smol'kov M.G. Three-section interchamber partition of a tube ball mill [Trehsekcionnaya mezhkamernaya peregorodka trubnoj sharovoj mel'nicy]. VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh studentov, aspirantov i uchenyyh. Sbornik dokladov v 3-h tomah. Belgorodskij tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2014. Pp. 276–279. (rus)

20. Porsev M.A., Chumanov I.V. On the issue of increasing the service life of inter-chamber partitions of cement mills [K voprosu o povyshenii resursa raboty mezhkamernyyh peregorodok cementnyh mel'nic]. Bulletin of Cement and its application. 2016. No. 6. Pp. 62–65. (rus)

21. Mamotov S.M., Mamotov D.I. Analysis of the design of an intraluminal device with an inclined partition [Analysis of the design of an intraluminal device with an inclined partition]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenyyh BGTU im. V.G. Shuhova. Belgorodskij tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2017. Pp. 2630–2634. (rus)

22. Deshko Yu.I., Krejmer M.B., Kryhtin G.S. Grinding materials in the cement industry [Izmel'chenie materialov v cementnoj promyshlennosti]. Moscow: Stroyizdat. 1966, 270 p. (rus)

23. Sergo E.E. Mineral crushing, grinding and screening [Droblenie, izmel'chenie i grohochenie poleznyh iskopaemyh]. Moscow: Nedra. 1985, 285 p. (rus)

24. Barbanyagre V.D., Stronin A.A. Influence on the clinker particle size distribution of the assortment of grinding media and grinding intensifier [Vliyanie na granulometricheskij sostav klinkera assortimenta melyushchih tel i intensifikatora pomola]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 1. Pp. 71–75. (rus)

25. Barbanyagre V.D., Stronin A.A. Investigation of the effect of the diameter of a large ball in the grinding load of an open-cycle mill on the dispersed characteristics of clinker [Issledovanie vliyaniya diametra krupnogo shara v melyushchej zagruzke mel'nicy otkrytogo cikla na dispersnye harakteristiki klinkera]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 5. Pp. 60–65. (rus)

26. Stronin A.A., Barbanyagre V.D. Comparison of the effectiveness of using different types of dense ball loading when grinding Portland cement clinker [Sravnenie effektivnosti ispol'zovaniya raznyh tipov plotnoj sharovoj zagruzki pri izmel'chenii portlandcementnogo klinkera]. Trudy II Mezhdunarodnoj nauch.-tekhn. konf. «Energeticheskie sistemy» (23 – 24 noyabrya 2017 g.). Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova, 2017. Pp. 554–558. (rus)

27. Barbanagre V.D. Drum Mill Ball Loading. Patent RF. no. 2010121271/13, 2013.

Information about the authors

Borisov, Ivan N. DSc, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Stronin, Alexandr A. Postgraduate student. E-mail: alexanderstronin@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Klassen, Victor K. DSc, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in October 2019

Для цитирования:

Борисов И.Н., Стронин А.А., Классен В.К. Сравнение эффективности использования в мельнице открытого цикла двухшаровой мелющей загрузки по сравнению с традиционными ассортиментами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 121–129. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-121-129

For citation:

Borisov I.N., Stronin A.A., Klassen V.K. Advantage of recovery the double-ball grinding media in the second chamber of the mill open cycle in contrast to traditional assortment of grinding medias. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 121–129. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-121-129

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-130-139

***Сыса О.К., Морева И.Ю., Трепалина Ю.Н., Чепурных А.А., Локтионов В.А.,
Локтионова Е.В.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: sysa1975@inbox.ru

ГЛИНИСТОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЕТЛООКРАШЕННОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА В АСПЕКТЕ ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЯ СОЛЕЙ ВАНАДИЯ

Аннотация. Лицевой керамический кирпич – один из самых экологичных в эксплуатации стеновых материалов, что обуславливает его широкое использование в строительстве. На сегодняшний день особым интересом среди потребителей пользуется кирпич именно светлых оттенков (персиковый, соломенный, бежевый т.д.). Однако существенным недостатком кирпичных зданий, ухудшающим технические и эстетические свойства, является появление солей на поверхности кладки керамического кирпича. Причины этого явления разнообразны – повышенное содержание водорастворимых солей в глинистом сырье, миграция солей из цементной кладки, жесткость воды и т.д. Существует множество способов борьбы с высолом на стеновых изделиях, однако особое значение имеет подбор сырьевых материалов и предварительный анализ их склонности к высолообразованию. В данной работе изучены причины образования и микроструктура высолов солей ванадия на лицевом керамическом кирпиче светлых тонов. Проанализирован минералогический состав, физические и формовочные свойства глин месторождений «Большая Карповка», Талалаевское, Часов-Ярское в аспекте высолообразования солей ванадия. Установлено, что образовавшиеся высолы на образцах исследуемых глин состоят из сульфатов щелочных металлов и ванадатов кальция от зеленовато-желтого до оранжевого цвета. Приведены рекомендации по использованию исследуемых глин в производстве светлоокрашенного кирпича.

Ключевые слова: Лицевой керамический кирпич, светлоокрашенный кирпич, тугоплавкая глина, пластическое формование, высолообразование, соли ванадия.

Введение. Лицевой керамический кирпич – один из самых экологичных в эксплуатации стеновых материалов, что обуславливает его широкое использование в строительстве [1–5].

На сегодняшний день особым интересом среди потребителей пользуется кирпич именно светлых оттенков (персиковый, соломенный, бежевый т.д.). Такой кирпич можно получить как из светлоглиняной, так и из красной глины методом объемного окрашивания, а также методами декоративной обработки лицевой поверхности (ангобирование и т.д.) [6, 7].

Одним из существенных недостатков кирпичных зданий, ухудшающих технические и эстетические свойства, является высолообразование – появления солей на поверхности кладки керамического кирпича. Предотвращение высолов на лицевом керамическом кирпиче и других стеновых материалов является актуальной задачей, поскольку позволяет не только улучшить технологические характеристики изделий (морозостойкость, прочность), но и значительно облагородить состояние поверхности [8, 9].

Причины появления высолов на керамическом кирпиче зависят от многих факторов, например, повышенного содержания водорастворимых

солей в глинистом сырье, миграции солей из цементной кладки, жесткости воды, применяемой для керамической массы, а также могут быть следствием использования топлива, содержащего сернистые соединения или несовершенства работы сушильного и обжигового оборудования. Образование высолов может напрямую зависеть от структуры материала – пористости и характера пор [10–12], а также может являться результатом воздействия окружающей среды непосредственно на материал кладки [13, 14].

Одним из эффективных способов устранения выцветов на поверхности лицевого кирпича является введение в состав глиномассы различных добавок, которые переводят растворимые соли в нерастворимые [15]. Другим способом борьбы с высолом является нанесение различных пленок и других защитных покрытий на лицевую поверхность свежеформованного сырца, которые препятствуют испарению влаги с поверхностей в процессе сушки, а, следовательно, и появлению высолов [16, 17].

Целью данной работы является изучение склонности к высолообразованию тугоплавких светло-серых глин и возможности их использования для производства лицевого керамического

кирпича светлых тонов, а также изучение строения и состава высолов солей ванадия.

В качестве сырьевых материалов в работе использовались глины месторождений: «Большая Карповка» (БК-3), п. Кшенский, Курская область;

Талалаевское (ТЛ-3), г. Стерлитамак, республика Башкирия; Часов-Ярское (ЧП), Украина. Химический состав исследуемых материалов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав исследуемых глин

Наим.	Содержание, масс. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	V ₂ O ₅	ппп	Σ
БК-3	61,1	24,85	2,0	3,40	0,17	0,22	0,18	0,05	0,03	8,0	100
ТЛ-3	60,6	24,0	2,0	1,65	0,48	1,1	0,50	0,13	0,04	9,5	100
ЧП	63,1	24,8	1,1	0,80	0,24	0,81	2,02	0,5	0,03	6,6	100

Исследуемые глины по содержанию Al₂O₃ относятся к полукислым глинам (28–14 %). Глина БК-3 относится к глинам с высоким содержанием красящих оксидов (Fe₂O₃>3 %, TiO₂>2 %), которые могут влиять на цвет черепка. Глина ТЛ-3 относится к глинам со средним содержанием, а глина ЧП - с низким содержанием красящих оксидов. По огнеупорности всё глинистое сырье относится к тугоплавкому (1350–1580 °С) [18].

По данным рентгенофазового анализа установлено, что основные минералы в глине БК-3 представлены каолинитом, иллитом, кварцем, полевыми шпатами. БК-3 имеет светло-серую окраску и относится к категории алевроитовых беложгущихся глин каолинитового состава. В глине наблюдается высокое содержание соединений железа, представленных мелкодисперсным сиде-

ритом, а также высокое содержание двуокси титана, представленной анатазом. Присутствует совсем немного щелочных оксидов, около 1%.

По минералогическому составу ТЛ-3 является полиминеральной, составленной каолинитом, гидрослюдой, монтмориллонитом. Установлено высокое содержание двуокси титана и 2 % щелочных оксидов (табл. 1).

Глина Часов-Ярского месторождения – серая, по минеральному составу относится к каолинито-гидрослюдистым глинам, основной минеральной составляющей которых является монартермит. Присутствие монартермита (как разновидности каолинита) подтверждает повышенное содержание калия (табл. 1).

Были определены показатели, характеризующие основные технологические свойства глинистого сырья (табл. 2).

Таблица 2

Технологические свойства исследуемых глин

Глина \ Свойства	БК-3	ТЛ-3	ЧП
Формовочная влажность, %	15 %	20 %	17 %
Число пластичности	9,8	20,4	13,2
Классификация по ГОСТ 9169-75	умеренно-пластичная	средне-пластичная	умеренно-пластичная
Коэффициент чувствительности к сушке K _ч	0,45	0,79	0,65
	нечувствительная		
Водопоглощение (обжиг при 1050 °С), %	14	7,5	9
Воздушная усадка, %	10	19,5	14
Огневая усадка, % (обжиг при 1050 °С)	2,4	5,5	4,5
Цвет после обжига	кремовый	бежевый	кремово-розовый

Глина Часов-Ярская и «Большая Карповка» относятся к умеренно пластичным, малочувствительным к сушке. А глина Талалаевская – к средне пластичным, малочувствительным к сушке. Основные формовочные свойства позволяют формовать кирпич пластическим способом, т.к. глины пластичны (от 9,8 до 20,4) и имеют низкую чувствительность к сушке.

В соответствии с окраской после обжига исследуемые глины относятся к категории беложгущихся, что определяет возможность их применения для производства светлоокрашенного керамического кирпича.

Образцы всех трех видов глин, обожженных при традиционной для производства лицевого кирпича температуре 1050 °С, соответствуют по водопоглощению требованиям ГОСТ 530-2012

(не менее 6 %). Причем водопоглощение глины БК-3 больше, чем у ТЛ-3 и ЧП, что является нежелательным.

Определена дисперсность глины с применением лазерного анализатора размеров частиц

ANALYSETTE22 (рис. 1). Все глины по содержанию тонкодисперсных фракций (ГОСТ 21216.2-93) относятся к среднедисперсным.

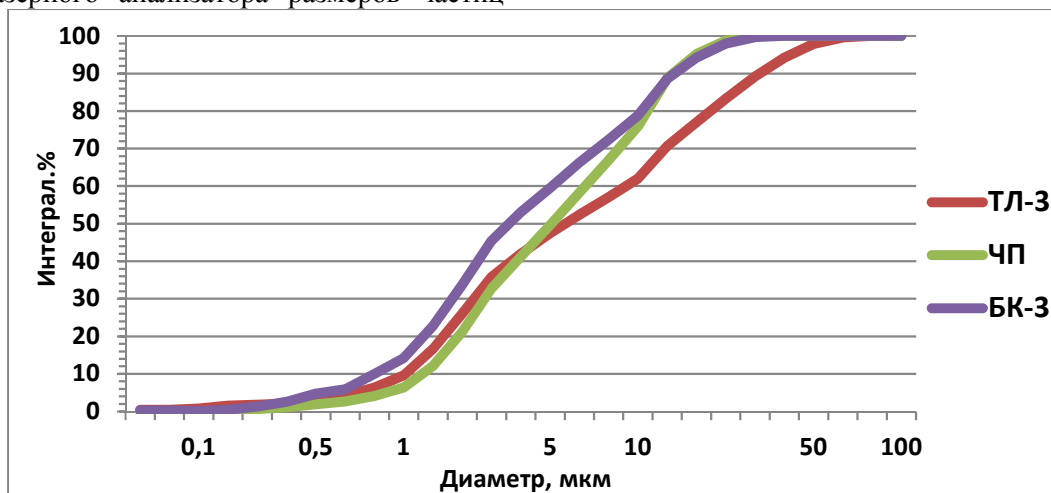


Рис. 1. Содержание тонкодисперсных фракций в исследуемых глинах

Глина БК-3 характеризуется высоким содержанием пылевидной крупной фракцией (размер частиц 0,063–0,01 мм) – 36,9 % и глинистой фракцией (0,005–0,001 и <0,001 мм) – 47,4 % и низким содержанием песчаной (более 0,063 мм) и пылевидной мелкой (0,01–0,005 мм) – 14,6 %.

Гранулометрия глины ТЛ-3 представлена относительно более высоким содержанием глинистой фракции – 59,9 %, средним содержанием пылевидной крупной – 21,2 % и пылевидной мелкой – 18,9 % фракций.

Глина ЧП имеет высокое содержание глинистой фракции – 49,7 % и пылевидной мелкой – 26,2 % и средним содержанием пылевидной крупной – 24,1 %.

Гранулометрический состав изученных глин определяет возможность их применения в техно-

логии керамического кирпича в массах, содержащих отощающие добавки, что повысит содержание песчаной фракции и снизит усадочные явления после термообработки.

Оценку технологического назначения исследуемых глин провели по классификации А.И. Августиника [18] (рис. 2). Исследуемые глины на диаграмме не располагаются на участке для производства керамического кирпича (рис. 2). Соотношения молярных долей Al_2O_3/SiO_2 составили от 0,22 до 0,24, а молярная доля плавней 0,03–0,07. В чистом виде изученные глины непригодны для производства кирпича, и требуют ввода добавок плавней и отощителей для корректировки состава.

Определенно содержание водорастворимых солей в исследуемом сырье (табл. 3).

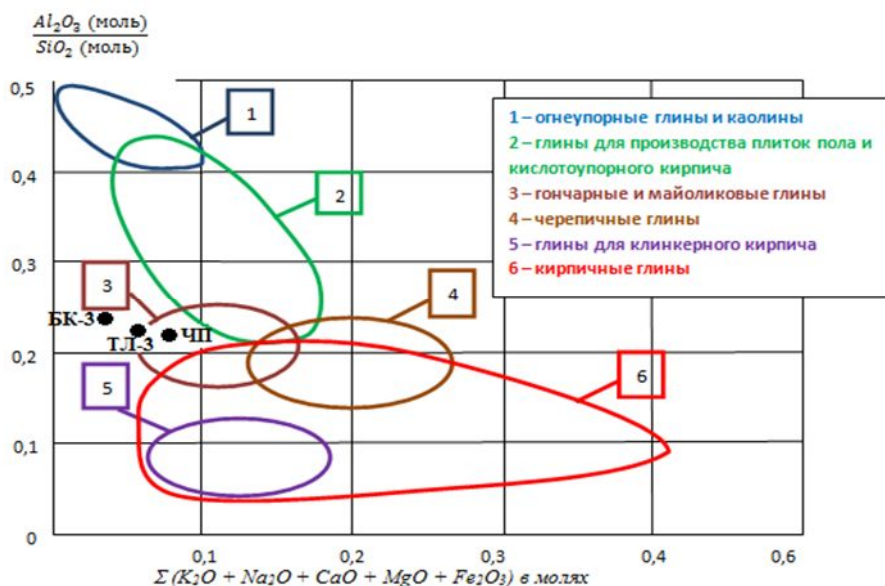


Рис. 2. Расположение исследуемых глин на диаграмме Августиника

Таблица 3

Содержание водорастворимых солей в глинах

Наим. глин	Содержание водорастворимых солей, мг-экв на 100 г							Группа по содержанию водорастворимых солей
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Σ	
БК-3	1,80	1,50	0,36	1,35	0,16	1,60	6,77	Среднее содержание
ТЛ-3	1,91	0,75	0,85	2,48	0,12	1,45	7,56	Среднее содержание
ЧП	1,53	0,90	0,56	1,84	0,45	1,97	7,25	Среднее содержание

В исследуемых глинах наблюдается среднее содержание водорастворимых солей (табл. 4). Данная характеристика означает возможность появления солей на поверхности кирпича непосредственно в кладке, если после сушки сырца высолообразование не наблюдается. Вследствие этого была определена необходимость оценки высолообразования изделий после обжига методом капиллярного подсоса.

На следующем этапе работы исследована природа желтых налетов (высолов), появляющихся на поверхности образцов керамического

кирпича, исходным сырьем для которых служили светложгущиеся глины месторождений Талалаевского, Часов-Ярского и «Большая Карповка». Обжиг керамических образцов пластического формования производили при максимальной температуре 1050 °С.

Определена скорость начальной адсорбции воды образцов керамического кирпича по ГОСТ 530-2012 (табл. 4).

Таблица 4

Скорость начальной адсорбции воды контрольных образцов керамического кирпича

Наименование глины	БК-3	ТЛ-3	ЧП
Скорость начальной адсорбции воды, кг/м ² ·мин	1,4–1,45	0,15–0,2	0,65–0,7

Скорость адсорбции воды в материале влияет на интенсивность высолообразования, так как способствует капиллярному перемещению воды в материале, а значит передвижению водорастворимых солей. Как видно из таблицы 8, наибольшую впитывающую способность имеют образцы из глины БК-3, что подтверждается обильным образованием на них высолов (рис. 3.). Подобное

явление наблюдается на образцах из Часов-Ярской глины, при этом скорость начальной адсорбции имеет среднее значение. Менее значительное высолообразование наблюдается на образцах из глины ТЛ-3, показатель адсорбции воды также минимален (рис. 3.).

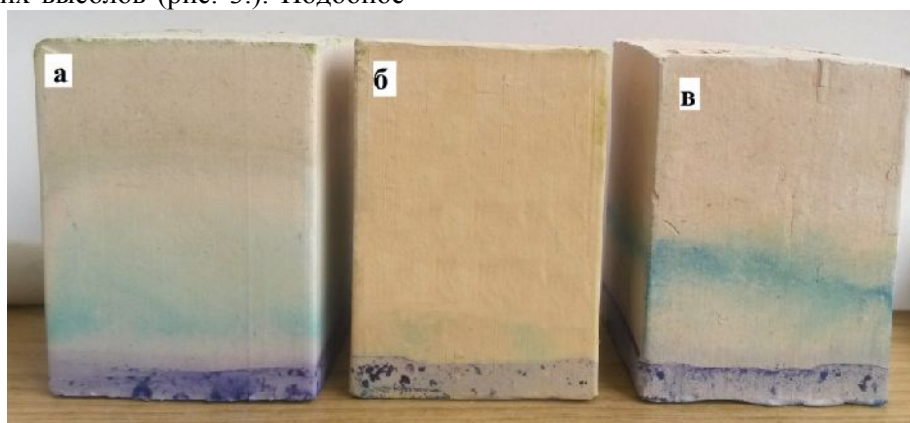


Рис. 3. Образцы после определения скорости адсорбции воды и капиллярного подсоса с красителем:
а) глина Талалаевского месторождения, б) глина Часов-Ярского месторождения,
в) глина месторождения «Большая Карповка»

Исходя из того, что скорость начальной адсорбции воды зависит от плотности изделия, можно утверждать, что образцы на основе глины ТЛ-3 имеют более плотную структуру, за счет

интенсивного спекания, и, как следствие, минимальное перемещение влаги в порах. Изделия из глин ЧП и БК-3 более пористые, перемещение влаги в структуре пор интенсивнее, что увеличивает скорость адсорбции.

Керамические образцы проверяли на склонность к высолообразованию по ГОСТ 530-2012 (рис. 4). Установлено, что наиболее подвержена появлению солей глина БК-3, на верхнем ребре кубиков образовалось наибольшее количество яркого желто-оранжевого налета. На образцах из

глины ТЛ-3 можно увидеть среднее количество желто-зеленого налета. Меньше всего подвержена выделению солей глина ЧП - на ребрах образцов выступило небольшое количество желто-зеленых налетов.



Рис. 4. Результаты определения склонности к высолообразованию на образцах:
1.1, 1.2 – БК-3; 2.1, 2.2 – ТЛ-3; 3.1, 3.2 – ЧП

Для исследования природы высолов были сделаны химические и минералогические исследования соскоба налета с образцов керамики

(табл. 5). Химический состав обожженных образцов представлен в таблице 6.

Таблица 5

Химический состав образовавшихся высолов

Содержание, масс.%										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	V ₂ O ₅	K ₂ O	TiO ₂	Σ
51,9	20,2	9,52	7,55	2,44	2,15	1,90	1,57	1,47	1,30	100

Таблица 6

Химический состав обожженных образцов

Наим.	Содержание, масс.%										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	V ₂ O ₅	Σ
БК-3	63,3	29,87	1,80	3,22	0,80	0,37	0,40	0,11	0,10	0,03	100
ТЛ-3	69,0	23,6	2,35	1,68	1,24	1,17	0,61	0,25	0,06	0,04	100
ЧП	68,8	23,95	1,10	0,98	1,10	1,20	1,82	0,90	0,12	0,03	100

Как видно из таблицы 5, в составе высолов, кроме наличия компонентов керамического черепка, которые не берутся в рассмотрение, наблюдается значительное содержание оксидов SO₃ и V₂O₅, а также наличие щелочных и щелочно-земельных оксидов CaO, MgO, Na₂O (табл. 4, 5). Это подтверждает содержание в высолах сульфатов и ванадатов: сульфата кальция или ангидрита (CaSO₄), гипса (CaSO₄·2H₂O), сульфата магния (MgSO₄), мирабилита (MgSO₄·2H₂O), сульфата

натрия (Na₂SO₄), ванадата кальция (Ca₃(VO₄)₂ или CaVO₄).

Микрофотографии полученных налетов на образцах после испытания на капиллярный подсос представлены на рисунках 5–7.

Структура высолов на образцах из глины «Большая Карповка» представлена пластинчатыми призматическими кристаллами с образованными на них мелкодисперсными агрегатами бесформенного почкообразного строения.

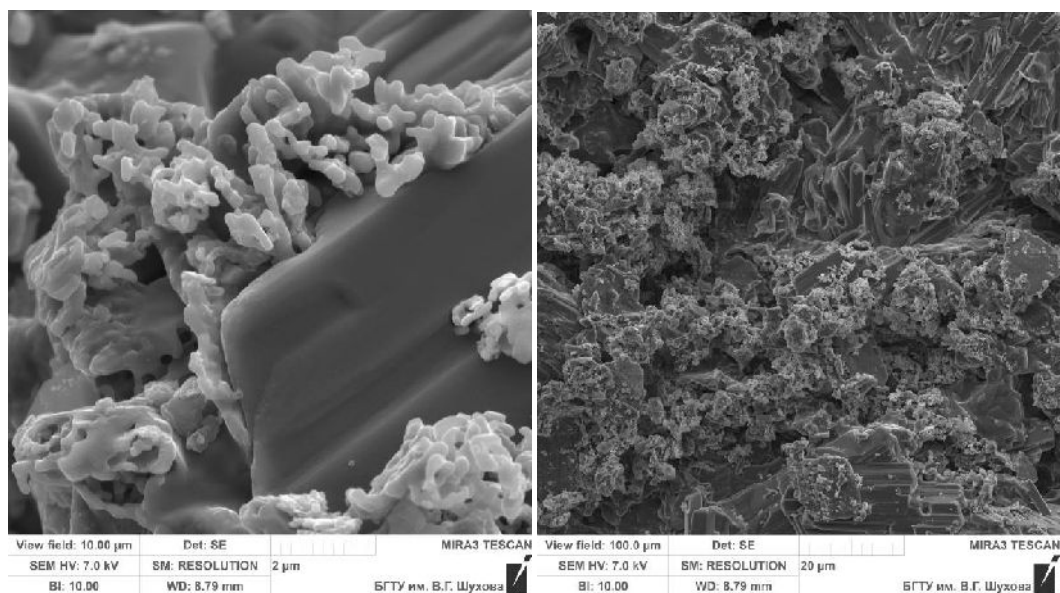


Рис. 5. Микрофотографии высолов на образцах из глины месторождения «Большая Карповка», БК-3

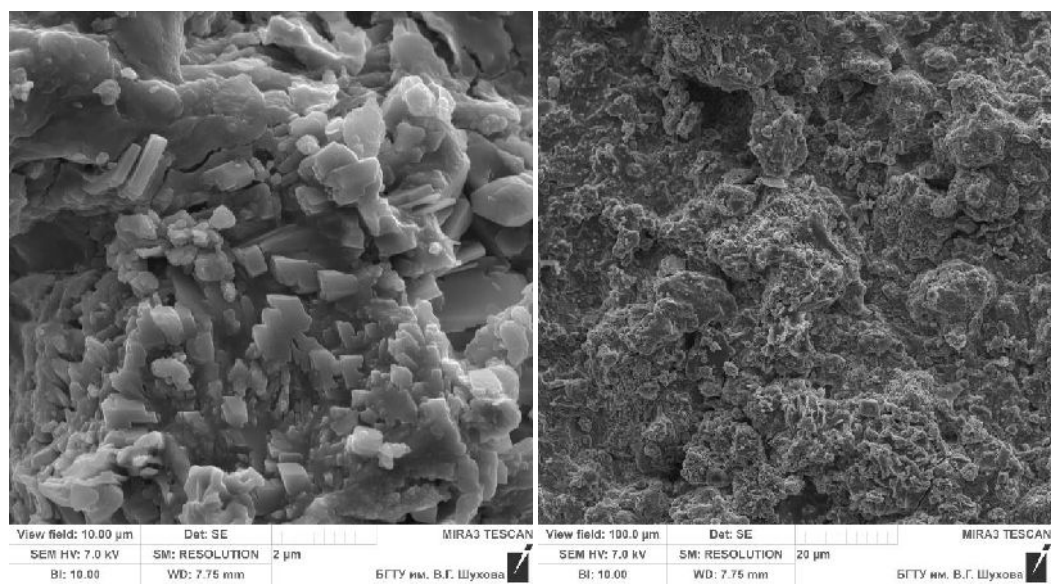


Рис. 6. Микрофотографии высолов на образцах из глины месторождения Талалаевское, ТЛ-3

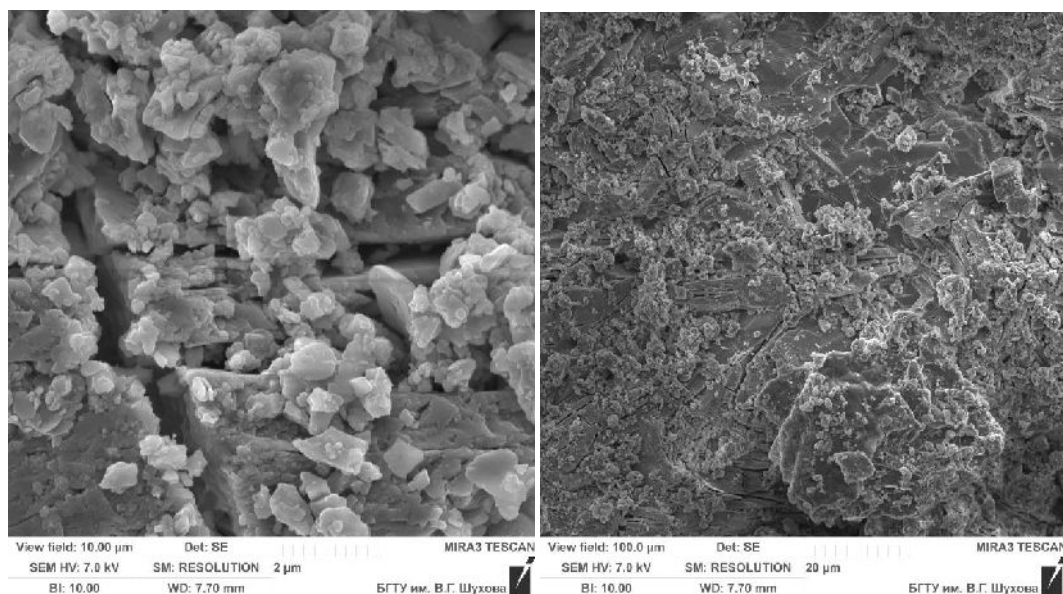


Рис. 7. Микрофотографии высолов на образцах из глины месторождения Часов-Ярское, ЧП

На образцах на основе глины Талалаевской (рис. 6) и Часов-Ярской (рис. 7), высолы представлены мелкими четырехугольными и ромбическими кристаллами, возможно ангидрида или гипса, образовавшиеся в момент быстрой кристаллизации, так как при медленной кристаллизации гипса образуются игольчатые, пластинчатые кристаллы.

Основываясь на том, что все высолы имели желтый цвет, можно утверждать присутствие в них солей ванадия, в том числе метаванадата кальция, кристаллы которого имеют моноклинную структуру [19].

Проведенные исследования устанавливают присутствие в исследуемых глинах соединений ванадия, которые в водный раствор в обычных условиях не переходят. Обжиг керамического кирпича на основе данных глин при температуре 900-1100 °С в окислительной среде приводит к окислению ванадия до высшего оксида V_2O_5 . В процессе эксплуатации кирпича образовавшийся пентавалентный ванадий легко выщелачивается водой и мигрирует в виде растворимых солей ванадия на поверхность изделий.

Таким образом выяснено, что образовавшиеся высолы на образцах состоят из сульфатов щелочных металлов и ванадатов кальция, которые придают налету различный цвет: от зеленовато-желтого до оранжевого.

В результате проведенных комплексных исследований установлена возможность производства керамического кирпича светлых тонов на основе изученных глин. Для российских производителей может быть рекомендовано отечественное глинистое сырье Талалаевского месторождения. Изделия на ее основе удовлетворяют требованиям ГОСТ 530-2012 и менее подвержены высолообразованию. Глина БК-3 месторождения «Большая Карповка» [20] также может быть использована в кирпичном производстве, но с применением высолоустраняющих добавок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альперович И.А. Лицевой керамический кирпич – экологически чистый стеновой материал // Строительные материалы. 1994. № 10. С. 5–7.
2. Баранов А.О., Павлов В.Н., Тагаева Т.О. Тревожные перспективы: прогноз развития экономики России на 2015-2017 гг. Concerning outlook: forecasting of Russian economical development for 2015-2017 years // ЭКО. 2014. №12. С. 15–35.
3. Ананьев А.И., Лобов О.И. Керамический кирпич и его место в современном строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 62–65.
4. Бегоулев С.А. Факторы развития в условиях кризиса на примере кирпичного объединения «Победа ЛСР» // Строительные материалы. 2009. №4. С. 12–13.
5. Гаврилов А.В., Гринфельд Г.И. Краткий обзор истории, состояния и перспектив рынка клинкерного кирпича в России // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 20–22.
6. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Филатова Е.В., Борjak В.И., Вереvкин К.А. Влияние химического и фазового состава на цвет керамического кирпича // Строительные материалы. 2008. № 4. С. 31–33.
7. Баранов Е.В., Шелковникова Т.И. Особенности получения керамического кирпича светлых тонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 18-21.
8. Вакалова Т.В., Погребенков В.М., Ревва И.Б. Причины образования и способы устранения высолов в технологии керамического кирпича // Строительные материалы. 2004. № 2. С. 30–31.
9. Бабков В.В., Габитов А.И., Чуйкин А.Е., Мохов А.В., Климов В.П., Гайсин А.М., Сухарева И.А. Высолообразование на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 47–49.
10. Огородник И.В., Дмитренко Н.Д., Оксамит Т.В. Причины появления и способы нейтрализации водорастворимых солей при производстве лицевого керамического кирпича // Строительные материалы и изделия. 2008. № 6. С. 9–12.
11. Yakovlev G., Ginchitskaia I., Valeriy G., Khaseev D., Saidova Z. Modification of masonry mortar and structure of ceramic bricks to reduce efflorescence. Key Engineering Materials 808 KEM. 2019. Pp. 3–8. DOI:4028/www.scientific.net/KEM.808.3
12. Kaczmarek, A. Evolution of Salt Efflorescence on Clinker Face Walls. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 471. Issue 3. 032036. DOI:10.1088/1757-899X/471/3/032036
13. Vinichenko V., Ryazanova V.A., Gabitov A.I., Udalova Ye.A., Salov A.S. Efflorescence processes in exterior wall surface of buildings. Materials Science Forum. 2019. Vol. 968. Pp. 115–121 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.115>
14. Наумов А.А. Устранение высолов на керамическом кирпиче // Строительные материалы. 2016. № 5. С. 37–38.
15. Козловская Г.П., Макаров В.В., Овчинников Н.Л., Косенок В.А., Панов А.В. Зола ТЭЦ для устранения выцветов керамического кирпича //

Экология и промышленность России. 2012. № 1. С. 30–32.

16. Manohar S., Santhanam M., Chockalingam N. Performance and microstructure of bricks with protective coatings subjected to salt weathering. 2019. Construction and Building Materials. Vol. 226. pp. 94–105. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.080

17. Emery S.N.D., Charola A.E. Coatings on brick masonry: are they protective or can they en-

hance deterioration? Journal of The American Institute for Conservation. 2007. Vol. 46. № 1. Pp. 39–52. DOI: 10.1179/019713607806112387

18. Августиник А.И. Керамика. Л.: Стройиздат, 1975. 592 с.

19. Химическая энциклопедия. Т.1. М.: Советская энциклопедия, 1988. 348 с.

20. Богдановский А.Л., Пищик А.В. Применение глиен месторождения Большая Карповка в производстве строительной керамики // Строительные материалы. 2012. №5. С. 22–25.

Информация об авторах

Сыса Оксана Константиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: sysa1975@inbox.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Морева Ирина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: moreva_bstu@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Трепалина Юлия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: yliaalin@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чепурных Алина Александровна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: alina.chepurnyh@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Локтионов Виктор Алексеевич, аспирант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: lok_vik94@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Локтионова Екатерина Владимировна, студент кафедры промышленной экологии. E-mail: kate.sysa@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в октябре 2019 г.

©Сыса О.К., Морева И.Ю., Трепалина Ю.Н., Чепурных А.А., Локтионов В.А., Локтионова Е.В., 2019

***Sysa O.K., Moreva I.Yu., Trepalina Y.N., Chepurnyh A.A., Loktionov V.A., Loktionova E.V.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

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

RAW CLAY MATERIALS FOR THE LIGHT-TONE CERAMIC BRICK FROM THE STANDPOINT OF VANADIUM SALT EFFLORESCENCE

Abstract. Ceramic lining brick is the most eco-friendly material and it is widely spread in modern construction. To date, the brick of light colors is of particular interest among consumers (peach, straw, beige, etc.). One of the main problem of brick constructions which impair technical and aesthetical properties is the salt weathering on the ceramic masonry surface. The reasons for this phenomenon are various-high content of water-soluble salts in clay raw materials, migration of salts from cement masonry, water hardness, etc. There are plenty methods to reduce damage and protect lining brick from salt efflorescence but raw materials selection and preliminary analysis of its liability to salt weathering is of particular importance. This paper addresses to the occurrence causes and microstructure of vanadium salts on the light-tone lining brick. The mineral composition, physical and molding properties of raw clay materials from Bolshaya Karpovka, Talalaevskoe, Chasov-Yarskoe deposits is analyzed from the standpoint of vanadium salt efflorescence. It is found that salt formation on the test sample surface consists of alkalis sulphates and calcium vanadates from the

greenish-yellow to orange colors. The paper provided recommendations for using above-mentioned clays in light-tone ceramic brick manufacturing.

Keywords: *lining ceramic brick, light-toned brick, high-melting clay, plastic shaping, salt efflorescence, vanadium salts*

REFERENCES

1. Alperovich I.A. The lining ceramic brick - green material [Licevoy keramicheskiy kirpich – ekologicheski chisty stenovoy material]. *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 1994. No. 10. Pp. 5–7. (rus)
2. Baranov A.O., Pavlov V.N., Tagaeva T.O. Concerning outlook: forecasting of Russian economic development for 2015-2017 years. [Trevozhnye perspektivy: prognoz razvitiya ekonomiki Rossii na 2015-2017 gg]. *ECO Journal*. 2014. No. 12. Pp. 15–35. (rus)
3. Ananiev A.I. Lobov O.I. Ceramic brick and its place in the construction of modern buildings [Keramicheskiy kirpich I ego mesto v sovremennom stroitelstve]. *Industrial and Civil Engineering*. 2014. No. 10. Pp. 62–65. (rus)
4. Begoulev S.A. Evolution factors under the crisis drawing in example of brick association “Pobeda LSR” [Fakty razvitiya v usloviyakh krizisa na primere kirpichnogo ob'edineniya “Pobeda LSR”]. *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2009. No. 4. Pp. 12–13. (rus)
5. Gavrilov A.V., Grinfeld G.I. The short overview of the clinker brick market history, situation and prospect in Russia [Kratkii obzor istorii, sostoyaniya I perspective rynka klinkernogo kirpicha v Rossii]. *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2013. No. 4. Pp. 20–22. (rus)
6. Zubehin A.P., Yaschenko N.D., Filatova E.V., Boryak V.I., Verevkin K.A. The influencing of chemical and phase composition on the ceramic brick color [Vliyanie himicheskogo I fazovogo sostava na cvet keramicheskogo kirpicha] *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2008. No. 4. Pp. 31–33 (rus)
7. Baranov E.V., Shelkovnikova T.I., The features of the production of a ceramic brick of light tones [Osobennosti polucheniya keramicheskogo kirpicha svetlyh tonov]. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2016. №7. Pp. 18–21 (rus)
8. Vakalova T.V., Pogrebenkov V.M., Revva I.B. The salt efflorescences reasons and its eliminating ways in ceramic brick technology [Prichiny obrazovaniya I sposoby ustraneniya vysolov v tehnologii keramicheskogo kirpicha] *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2004. No. 2. Pp. 30–31 (rus)
9. Babkov V.V., Gabitov A.I., Chuikin A.E., Mohov A.V., Klimov V.P., Gaisin A.M., Suhareva I.A. Wall saltpetre formation on the surface of external walls of buildings made on the basis of piece wall materials [Vysoloobrazovanie na poverhnostyakh naruzhnykh sten zdaniy iz shtuchnykh stenovykh materialov]. *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2008. No. 3. Pp. 47–49 (rus)
10. Ogorodnik I.V., Dmitrenko N.D., Oksamit T.V. The reasons and neutralization ways of salt efflorescences in lining ceramic brick manufacturing [Prichiny poyavleniya I sposoby neitralizacii vodorastvorimyyh soley pri proizvodstve licevogo keramicheskogo kirpicha]. *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2008. No. 6. Pp. 9–12 (rus)
11. Yakovlev G., Ginchitskaia I., Valeriy G., Khaseev, D., Saidova, Z. Modification of masonry mortar and structure of ceramic bricks to reduce efflorescence. *Key Engineering Materials* 808 KEM. 2019. Pp. 3–8. DOI:4028/www.scientific.net/KEM.808.3
12. Kaczmarek, A. Evolution of Salt Efflorescence on Clinker Face Walls. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 471. Issue 3. 032036. DOI:10.1088/1757-899X/471/3/032036
13. Vinichenko V., Ryazanova V.A., Gabitov A.I., Udalova Ye.A., Salov A.S. Efflorescence processes in exterior wall surface of buildings. *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 968. Pp. 115-121 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.115>
14. Naumov A.A. The salt efflorescence elimination on ceramic brick [Ustranenie vysolov na keramicheskoy kirpiche] *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia)*. 2016. No. 5. Pp.37–38 (rus)
15. Kozlovskaya G.P., Makarov V.V., Ovchinnikov N.L., Kosenok V.A., Panov A.V. TPP fly ash for the brick bloom elimination [Zola TEC dlya ustraneniya vycvetov keramicheskogo kirpicha] *Ecology and Industry of Russia*. 2012. № 1. pp. 30-32
16. Manohar S., Santhanam M., Chockalingam N. Performance and microstructure of bricks with protective coatings subjected to salt weathering. 2019. *Construction and Building Materials*. Vol. 226. Pp. 94–105. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.080
17. Emery S.N.D., Charola A.E. Coatings on brick masonry: are they protective or can they enhance deterioration? *Journal of The American Institute for Conservation*. 2007. Vol.46. No. 1. Pp. 39–52. DOI: 10.1179/019713607806112387
18. Avgustinik A.I. Ceramic. *Stroyizdat*. 1975. 592 p.

19. Encyclopedia of Chemistry. Vol.1. Sovetskaya enciklopediya. 1988. 348 p.

20. Bogdanovskiy A.L., Pischik A.V. Using of deposit "Bolshaya Karpovka" clays in ceramics

manufacturing [Primenenie glin mestorozhdeniya Bolshaya Karpovka v proizvodstve stroitel'noy keramiki]. Stroitel'nye Materialy (Construction Materials Russia). 2012. No. 5. Pp. 22–25 (rus)

Information about the authors

Sysa, Oksana K. PhD, Assistant professor. E-mail: sysa1975@inbox.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Moreva, Irina Yu. PhD, Assistant professor. E-mail: moreva_bstu@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

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

Chepurnyh, Alina A. Postgraduate student. E-mail: alina.chepurnyh@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Loktionov, Viktor A. Postgraduate student. E-mail: lok_vik94@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Loktionova, Ekaterina V. Bachelor student. E-mail: kate.sysa@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in October 2019

Для цитирования:

Сыса О.К., Морева И.Ю., Трепалина Ю.Н., Чепурных А.А., Локтионов В.А., Локтионова Е.В. Глинистое сырье для производства светлоокрашенного керамического кирпича в аспекте высолообразования солей ванадия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 130–139. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-130-139

For citation:

Sysa O.K., Moreva I.Y., Trepalina Y.N., Chepurnyh A.A., Loktionov V.A., Loktionova E.V. Raw clay materials for the light-tone ceramic brick from the standpoint of vanadium salt efflorescence. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 130–139. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-130-139

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-140-150

***Онищук В.И., Агеева С.В., Евтушенко Е.И., Скурятин Е.Ю., Беседин П.В.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: v.onishchuk@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФРИТТОВАННОЙ ГЛАЗУРИ В СИСТЕМАХ «СТЕКЛО НС-3 – УЛЕКСИТ» И «СТЕКЛО НС-3 – КОЛЕМАНИТ»

Аннотация. В статье приведены результаты априорной оценки и экспериментального подтверждения возможности получения нефриттованных низкообжиговых глазурей для майолики на основе малощелочного стекла НС-3 и малорастворимых комплексных борсодержащих материалов – улексита и колеманита. Сформулированы основные условия, определяющие алгоритм моделирования составов нефриттованных глазурей, ранжированных по их удельному влиянию на конечные физико-химические свойства формируемого в процессе обжига глазурного покрытия: пониженная в сравнении с черепком, легкоплавкость и высокая скорость стеклования, совместимость тепловых коэффициентов линейного расширения стекловидного покрытия и черепка, высокая химическая устойчивость формируемого стекловидного покрытия по отношению в различным реагентам, применение в качестве сырьевых материалов малорастворимых веществ. Исследования проводились в двухкомпонентных системах «стекло НС-3 – улексит» и «стекло НС-3 – колеманит», в которых роль матрицы выполняло малощелочное химически устойчивое стекло НС-3, а улексит и колеманит – модификаторов его состава, способствующих снижению температуры перехода в пластичное состояние, при котором возможно глазурование поверхности керамического черепка. Результаты экспериментальных исследований подтвердили возможность получения глазурей в рассмотренных двухкомпонентных системах. Установлена возможность получения прозрачных покровных глазурей в системе «стекло НС-3 – улексит» и непрозрачных «глушеных» глазурей в системе «стекло НС-3 – колеманит».

Ключевые слова: нефриттованные глазури, моделирование составов, расчет свойств, механо-активация, стеклование, ликвация, качество глазурей.

Введение. Нефриттованные глазури являются энергетически и экономически целесообразной альтернативой фриттованным глазурям, поскольку в технологии их получения отсутствует такой энергетически емкий процесс, как сплавление смеси сырьевых материалов (фриттование) при температуре 1300...1450 °С. Главное назначение фриттования – сплавление растворимых в воде компонентов с получением расплава силикатов сложного химического состава, быстрое охлаждение которого путем его выработки в воду обеспечивает получение стеклообразной фритты, которая при получении глазурного шликера практически не растворяется в воде [1]. Это свойство шликеров, полученных, как на основе фриттованных, так и нефриттованных глазурей, является одним из важнейших, поскольку исключает миграцию компонентов в пористый черепок и предотвращает обеднение состава шликера содержанием водорастворимых веществ.

При приготовлении нефриттованных (сырых) глазурей шихтовую смесь загружают непосредственно в шаровую мельницу мокрого помола и после достижения необходимой тонины помола сливают в емкости-мешалки для стабилизации, старения и последующего хранения, таким образом из технологии исключается стадия варки фритты [2].

В отличие от фриттованных, переход в стеклообразное состояние (расплав) нефриттованных глазурей осуществляется непосредственно в процессе создания на черепке глазурного слоя, т.е. оба процесса протекают одновременно [3]. Традиционно нефриттованные покрытия применяются для глазурования фарфоровых, полуфарфоровых изделий, а также изделий технической керамики, технология получения которых предусматривает высокие температуры формирования покрытий (1250–1350° С) [4–9].

При необходимости снизить температуру обжига в состав сырьевых смесей для получения нефриттованных глазурей можно вводить легкоплавкие компоненты, среди которых наиболее предпочтительными являются представляют нерастворимые в воде бораты (улексит, данбурит, датолит), а также боросиликатные стекла [10].

Возможность разработки составов и технологии нефриттованных легкоплавких глазурей имеет значимый практический интерес в области глазурования низкотемпературной керамики, ярким представителем которой является майолика – вид тонкой расписной керамики, которая готовится из белой фаянсовой массы (фаянсовая майолика) или красножгущейся глины (гончарная майолика). Следует отметить, что производство посуды из майолики имеет ряд преимуществ и

традиционно пользуется большим спросом у потребителей как символ национальной культуры.

Глазурование майолики процесс относительно непростой с точки зрения используемых составов и свойств защитных покрытий, поскольку она является низкотемпературной керамикой и в зависимости от состава глин, обжигается при различных температурах, но не выше 1000°C. На сегодняшний день наиболее распространены для глазурования майолики являются два типа фритт, на основе которых получают глазурные шликера – ГЛП-21/6 и ГЛБ-1.

ГЛП-21/6 представляет собой бессвинцовую фритту, используется для получения прозрачной блестящей глазури или прозрачных цветных глазурей. ГЛБ-1 – белая цирконовая бессвинцовая фритта, используется для получения глушеных глазурей белого цвета или светлоокрашенных тонов.

В отличие от существующих фриттованных, получение низкотемпературных нефриттованных глазурей для керамики, в частности для майолики, является сложной задачей, требующей грамотного выбора сырьевых компонентов, разработки вещественного состава, условий помола.

Методы, оборудование, материалы. При проведении исследований использовались две методики – априорная оценка возможности получения нефриттованных глазурей в исследуемых системах и экспериментальное подтверждение теоретических и расчетных данных.

При разработке методики проведения исследований вначале были сформулированы основные условия, определяющие эффективность процесса моделирования составов нефриттованных глазурей, которые расположены в следующей приоритетной последовательности.

Первое условие – относительная легкоплавкость нефриттованной глазури, которая должна обеспечить интенсивное стеклование шликера сырой глазури, при этом переход его в стеклообразное состояние должен происходить при температуре на 20...30°C ниже, чем начинается температурная деформация керамического изделия (черепка) [2,4,5].

Второе условие, обеспечивающее качество глазури, – совместимость тепловых коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) стекловидного покрытия и черепка [10,11].

Третье условие – высокая химическая устойчивость формируемого стекловидного покрытия

по отношению в различным реагентам, определяемая такими структурными параметрами стекловидного покрытия, как степень связности кремнийкислородного каркаса f_{Si} , а в случае боросиликатных стекол – φ_B [12,13].

Приведенные условия существенным образом зависят от химического состава нефриттованной глазури и формируемого стекловидного покрытия.

Четвертое условие – лимитирует вид материалов, которые можно использовать при получении нефриттованной глазури, что в свою очередь определяет возможность достижения заданного химического состава стекловидного покрытия в процессе его температурного формирования на поверхности черепка. Поэтому при получении нефриттованных глазурей необходимо использовать только нерастворимые в воде сырьевые материалы [10]. В противном случае, при жидкофазном диспергировании водорастворимые компоненты шихты будет растворяться, а в процессе нанесения сырой глазури – сорбироваться пористым черепком. В итоге содержание оксидов, вводимых этими компонентами в формируемом стекловидном покрытии, будет снижено и заданный химический состав покрытия достигнут не будет. Это приведет к изменению значений свойств, определяемых первым, вторым и третьим условиями.

Для выполнения четвертого условия нефриттованные глазури получали в двух системах материалов «боросиликатное стекло НС-3 – улексит» и «боросиликатное стекло НС-3 – колеманит». Следует отметить, что улексит ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) [14] и колеманит ($2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) [15] представляют собой природные бораты, продвигаемые на рынок турецкой компанией ООО «ЭТИПРОДАКТС» [16]. В воде при комнатной температуре их растворимость не превышает 6 %, что определяет их большую успешность применения в качестве сырья для нефриттованных глазурей, чем таких материалов, как борная кислота или бура. В указанных системах стекло НС-3, представляющее собой Na-B-Si-стекло, выполняет роль матрицы сырой глазури, легкоплавкость которой предполагалось изменять путем введения в состав улексита и колеманита. Химические составы материалов, являющихся компонентами системы, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав компонентов систем

Материал	Содержание оксидов, мас. %									
	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₄	SrO
Стекло НС-3	72,8	6,0	4,5	6,8	-	8,1	1,7	0,1	-	-
Улексит	4,51	58,2	0,08	27,8	2,39	5,7	-	0,03	0,17	1,06
Колеманит	6,85	52,5	0,27	35,3	3,29	0,17	-	0,07	0,3	1,27

Получение нефриттованных глазурей производили методом интенсивной жидкофазной механоактивации смеси компонентов в планетарной шаровой мельнице «САНД-1» в барабанах вместимостью 370 мл с измельчающими телами в виде шариков с размером 10...12 мм, выполненных из агата. Процесс активации производился при влажности системы 18-20%. Исследование кинетики процесса измельчения производилось при помощи лазерного анализатора ANALYSETTE 22 NanoTecplus, политермиче-

ские исследования проводились в муфельной лабораторной печи в интервале температур 800...1000 °С, тепловой коэффициент линейного расширения определяли с помощью dilatометра кварцевого ДКВ-5А.

Основная часть. При проектировании матрицы вещественных составов шихт изменение содержания компонентов в системе «стеклобой НС-3 – улексит» составляло от 90/10 до 10/90. Подобная матрица вещественных составов была разработана и для системы «стеклобой – колеманит» (табл. 2).

Таблица 2

Матрица вещественных составов экспериментальных нефриттованных глазурей

Состав	Содержание компонентов, мас. %		Состав	Содержание компонентов, мас. %	
	Улексит	Стеклобой		Колеманит	Стеклобой
У-1	10	90	К-1	10	90
У-2	20	80	К-2	20	80
У-3	30	70	К-3	30	70
У-4	40	60	К-4	40	60
У-5	50	50	К-5	50	50
У-6	60	40	К-6	60	40
У-7	70	30	К-7	70	30
У-8	80	20	К-8	80	20
У-9	90	10	К-9	90	10

где У - улекситовые составы, К - колеманитовые составы

В соответствии матрице вещественных составов были рассчитаны проектные химические

составы экспериментальных нефриттованных глазурей (табл. 3, 4).

Таблица 3

Расчетные химические составы в системе «боросиликатное стекло НС- 3 – улексит»

Состав, №	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	FeO	MgO	SrO
У-1	65,971	11,224	4,058	8,9	7,86	1,53	0,042	0,239	0,106
У-2	59,142	16,448	3,616	11	7,62	1,36	0,039	0,478	0,212
У-3	52,313	21,672	3,174	13,1	7,38	1,19	0,036	0,717	0,318
У-4	45,484	26,896	2,732	15,2	7,15	1,02	0,032	0,956	0,424
У-5	38,655	32,12	2,29	17,3	6,9	0,85	0,029	1,195	0,53
У-6	31,826	37,344	1,848	19,4	6,66	0,68	0,023	1,434	0,636
У-7	24,997	42,568	1,406	21,5	6,42	0,51	0,018	1,673	0,742
У-8	18,168	47,792	0,964	23,6	6,18	0,34	0,012	1,912	0,848
У-9	11,339	53,016	0,522	25,7	5,94	0,17	0,006	2,151	0,954

Таблица 4

Расчетные химические составы в системе «боросиликатное стекло НС- 3 – колеманит»

Состав, №	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	FeO	MgO	SrO
К-1	66,205	10,649	4,077	9,65	7,307	1,53	0,049	0,329	0,127
К-2	59,61	15,298	3,654	12,5	6,514	1,36	0,047	0,658	0,254
К-3	53,015	19,947	3,231	15,35	5,721	1,19	0,045	0,987	0,381
К-4	47,79	24,596	2,808	18,2	5,288	1,02	0,044	1,316	0,508
К-5	39,825	29,245	2,385	21,05	4,135	0,85	0,042	1,645	0,635
К-6	33,23	33,894	1,962	23,9	3,342	0,68	0,041	1,974	0,762
К-7	26,635	38,543	1,539	26,75	2,549	0,51	0,039	2,303	0,889
К-8	20,04	43,192	1,116	29,3	1,756	0,34	0,038	2,632	1,016
К-9	13,445	47,841	0,693	32,45	0,963	0,17	0,036	2,961	1,143

Выявление составов, обладающих склонностью к устойчивому стеклообразованию, рассчитывался с учетом содержания в структуре трех сеткообразователей – оксидов кремния, алюминия и бора [12, 13].

В структурной сетке определяемых составов нефриттованных глазурей после стеклования

(табл. 5) катион бора должен будет иметь тетраэдрическую координацию, так как расчетное значение показателя $\varphi_B = \frac{m_{Na_2O} + m_{CaO} - m_{Al_2O_3}}{m_{B_2O_3}} > 1$,

вследствие достаточного количества в составе стеклов оксидов – доноров кислорода (Na_2O , CaO), что свидетельствует о достаточно высокой устойчивости стеклообразного состояния за счет формирования в них сложной алюмоборокремнекислородной структурной сетки.

Таблица 5

Структурно-химические параметры проектируемых составов глазурей

Состав	$f_{Si, B, Al}$		φ_B		КЧ	
	улексит	колеманит	улексит	колеманит	улексит	колеманит
1	0,42	0,42	1,35	1,43	4	4
2	0,41	0,40	1,04	1,15	4	4
3	0,38	0,38	0,88	0,95	4,3	4,3
4	0,36	0,36	0,79	0,83	4,3	4,3
5	0,34	0,35	0,71	0,79	4,3	4,3
6	0,33	0,34	0,66	0,75	4,3	4,3
7	0,32	0,32	0,63	0,72	4,3	4,3
8	0,30	0,30	0,60	0,69	4,3	4,3
9	0,29	0,29	0,58	0,65	4,3	4,3

Для выявления составов, отвечающих второму условию, произведен расчет теплового коэффициента линейного расширения [17], значения которого для всех составов приведены в табл. 6. Предпочтительные для легкоплавких глазурей значения ТКЛР составляют $65 - 75 \cdot 10^{-7}$ 1/град.

В результате априорного определения свойств проектируемых составов нефриттованных глазурей, в двух рассматриваемых системах

материалов, отвечающих требованиям всех 4-х условий, наиболее перспективными можно считать составы в системе «боросиликатное стекло НС-3 – улексит» У.1- У.5 и в системе «боросиликатное стекло НС-3 – колеманит» К.1 - К.5 (табл. 4,5).

Таблица 6

Расчетные значения ТКЛР проектируемых составов

Состав	Значения ТКЛР, $\alpha \cdot 10^{-7}$, 1/град составов в системах	
	«боросиликатное стекло НС-3 – улексит»	«боросиликатное стекло НС-3 – колеманит»
1	72,4197	71,3692
2	71,7027	70,0094
3	70,9830	68,4540
4	70,2908	66,1390
5	69,5309	64,2900
6	68,7987	62,3498
7	68,0619	60,5840
8	67,3207	59,9360
9	64,6447	57,1422

Для оценки склонности перспективных составов к устойчивому стеклообразованию или фазовому фазовому разделению [18, 19] при помощи диаграмм состояния систем $Na_2O-B_2O_3-SiO_2$ и $CaO-B_2O_3-SiO_2$, перечисленные составы были пересчитаны на трехкомпонентные (табл. 7,8).

SiO_2 и $CaO-B_2O_3-SiO_2$, перечисленные составы были пересчитаны на трехкомпонентные (табл. 7,8).

Составы нефритованных глазурей, приведенные в трехкомпонентной системе
SiO₂ – CaO – B₂O₃

где: У - улекситовые составы, К - колеманитовые составы,

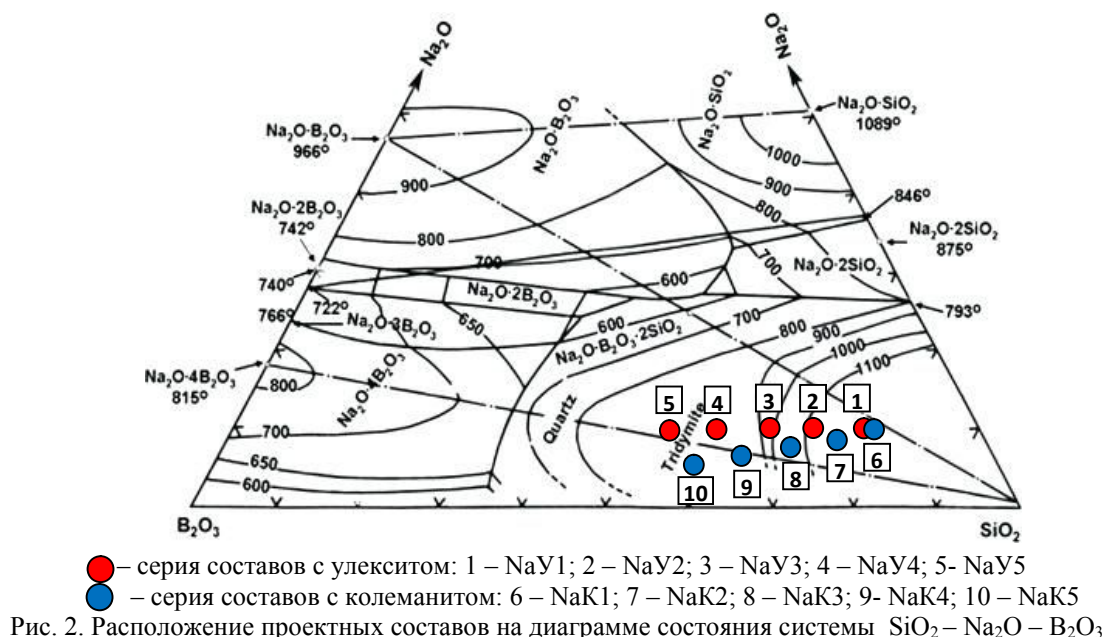
**Составы нефриттованных глазурей, приведенные в трехкомпонентной системе
 $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3$**

где: У - улекситовые составы, К - колеманитовые составы,

Рис. 1. Расположение проектных составов на диаграмме состояния системы $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3$

При анализе расположения точек проектных составов на диаграмме состояния $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3$ (рис. 1) установлено, что половина составов (1, 2, 3, 6, 7) склонны к фазовому разделению

(ликвации), поскольку расположены в поле существования двух жидкостей. Состав 7 расположен практически на границе поля ликвации, а составы 4, 5, 9 и 10 расположены в поле существования боросиликата кальция – $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.



При анализе расположения точек проектных составов на диаграмме состояния $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3$ установлено, что практически все составы расположены в области метастабильной ликвации, пересекая границы купола при различных температурах, но изменение составов с улекситом в сторону увеличения порядкового номера, приводит к снижению их вязкости, следовательно, к затруднению процесса фазового разделения [13, 14]. Можно предположить, что составы У3, У4 и У5 имеют склонность к устойчивому стеклообразованию и не будут ликвидировать вплоть до температуры стеклования, оставаясь оптически прозрачными.

Составы с колеманитом (NaK1 - NaK5) на диаграмме состояния расположены в относительно более высокотемпературной области ликвации, что, вследствие более высокой вязкости расплава, должно способствовать быстрому протеканию процесса фазового разделения и фиксации вследствие рассеяния света на границе раздела фаз опалесценции или образования полностью «глушеного» непрозрачного белого стекла при охлаждении.

Экспериментальное подтверждение априорной оценки возможности получения глазурей в системах $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3$ производилось следующим образом.

Нефритованные глазури проектных составов получали методом их интенсивной жидко-

фазной механоактивации [20] в планетарной шаровой мельнице «САНД-1» в барабанах вместимостью 370 мл с измельчающими телами в виде шариков с размером 10...12 мм, выполненных из агата. Процесс активации производился при влажности системы 18–20 %. По окончании процесса полученная суспензия отделялась от измельчающих тел, подсушивалась в сушильном шкафу при температуре 70...80 °С до влажности 3–4 %, после чего ее отформовывали при помощи пресс-формы в таблетки диаметром 20 мм и высотой 5 мм.

Полученные брикеты использовались для изучения процессов их трансформации в глазурное покрытие (стекло) при нагревании в муфельной печи сопротивления, оснащенной дверцей с отверстием для наблюдения через кварцевое стекло. Изменение конфигурации брикетов вследствие температурной деформации свидетельствует о протекании в них процессов стеклования.

При проведении исследований в силу небольшого объема рабочей камеры муфельной печи число составов сократили, таким образом политермическим исследованиям подвергались составы У-1, У-3, У-5 (табл. 3) и К-1, К-3, К-5 (табл. 4)

Результаты политермических исследований представлены на рис. 3.

Температура, °C	Улекситовые составы			Колеманитовые составы		
	У-1	У-3	У-5	К-1	К-3	К-5
0						
800						
850						
900						
950						
1000						

Рис. 3. Изменение конфигурации брикетов проектных составов при термообработке

В результате политермических исследований были выявлены наиболее легкоплавкие составы, температуры их деформации, характеризующие получение стеклофазы в брикетах. Так наиболее легкоплавкими являются составы У-5 и К-5, наиболее тугоплавким состав К-1, что полностью согласовывается с теоретическими предположениями о легкоплавкости составов.

Для оценки качества глазурного покрытия, полученные суспензии проектных химических составов наносили на черепки майолики, произведенные на Борисовской керамической фабрике (п. Борисовка, Белгородская обл.).

Процесс получения нефритованных глазурей заключался в механоактивации 100 г смеси

компонентов с влажностью 60 % в планетарной мельнице в течение 60 мин. Полученные шликера глазурей наносились на черепки, который после обязательной сушки подвергались обжигу при температуре 1000 °C в течение 30 мин.

Внешний вид керамических черепков, глазурованных проектными составами, приведен на рис. 4 и 5.

Как видно (рис. 4), глазурные покрытия, полученные на основе проектных составов с улекситом, хорошо остеклованы, за исключением состава У-1, который является более тугоплавким, что в итоге сказалось на некачественную дегазацию воздуха из пор керамической подложки через слой глазури.



Рис. 4. Внешний вид черепков, глазурованных проектными составами с улекситом



Рис. 5. Внешний вид черепков, глазурованных проектными составами с улекситом

Как видно (рис. 5), глазурные покрытия, полученные на основе проектных составов с колеманитом, остеклованы, состав К-1 проявляет опалесценцию, К-3 обладает матовой «глушеной» поверхностью, состав К-5 полупрозрачную белую матовую поверхность.

Выводы. Экспериментальные исследования, связанные с установлением возможности получения нефритованных глазурей в системах «стекло НС-3 – улексит» и «стекло НС-3 – колеманит», полностью подтвердили результаты априорной оценки этой возможности. Однако следует отметить тот факт, что составы нефритованных глазурей в системе «стекло НС-3 – улексит» обладают большей устойчивостью к фазовому разделению. Этот факт можно объяснить более высоким содержанием в них оксида натрия в сравнении с системой «стекло НС-3 – колеманит» для соответствующих номеров составов, который, являясь донором кислорода, способствует [18, 19] большему содержанию в стекле бора в четырехкоординированном состоянии, что увеличивает устойчивость стеклообразного состояния.

В целом, полученные результаты свидетельствуют о возможности получения в системе «стекло НС-3 – улексит» прозрачных покровных глазурей для майолики, а в системе «стекло НС-3 – колеманит» – покровных «глушенных» глазурей белого цвета, а в случае введения в обе системы красителей, возможно получение как окрашенных прозрачных, так и окрашенных «глушенных» глазурей для майолики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Штейнберг Ю.Г., Торн Э.Г. Стекловидные покрытия для керамики. 2-е изд. перераб. и доп. Ленинград: Стройиздат, Ленинград. отд., 1989. 192 с.
2. Ткачев А.Г., Ткачева О.Н., Соловьева И.С. Получение легкоплавких глазурей без варки фритты // Стекло и керамика. 2002. №11. С.16–17.
3. Левицкий И.А., Бирюк В.А. Глазурованные майоликовые изделия однократного обжига // Стекло и керамика. 2000. №12. С. 27–30.
4. Салахов А.М., Спирина О.В., Ремизникова В.И., Хозин В.Г. Легкоплавкая глазурь для строительной керамики // Стекло и керамика. 2001. № 5. С. 19–20.
5. Герасимов В.В., Спирина О.В. Современные легкоплавкие боросиликатные стекла и глазури для майолики и гончарных изделий // Стекло и керамика. 2004. №6. С. 26–29.
6. Павлушкина Т.К., Морозова И.В. Разработка легкоплавких стекол для декорирования облицовочных материалов // Стекло и керамика. 2010. №3. С. 26–28.
7. Лисачук Г.В., Рыщенко М.И., Белостоцкая Л.А. Стеклокристаллические покрытия по керамике. Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. 480 с.
8. Рудковская Н.В., Михайленко Н.Ю. Декоративные цинксодежащие кристаллические глазури для художественной керамики // Стекло и керамика. 2001. №11. С. 20–23.
9. Клевакин В.А., Дерябин В.А., Клевакина Е.В. Особенности окрашивания глазури для строительной керамики оксидами кобальта // Стекло и керамика. 2009. №4. С. 26–27.
10. Жерновая Н.Ф., Бурчакова Ю.В., Жерновой Ф.Е., Мирошников Е.В. Легкоплавкие нефритованные глазури для строительной и художественной керамики // Стекло и керамика. 2013. №3. С. 33–36.
11. Спирина О.В., Ремизникова В.И. Подбор глазурей для керамических масс с учетом согласования их коэффициентов термического расширения // Известия Казанского государственного строительного университета. 2006. №1(5). С. 45–49.
12. Аппен А.А. Химия стекла. Л.: Химия. 1974. 352 с.
13. Шульц М.М., Мазурин О.В. Современные представления о строении стекла и их свойствах. Л.: Наука, 1988. 198 с.
14. Улексит молотый [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/uleksit-moloty.html>/(дата обращения 14.10.2019.)
15. Колеманит молотый [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/kolemanit-moloty.html>/(дата обращения 14.10.2019.)
16. ООО «Этипродактс» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etimaden.ru/> (дата обращения 14.10.2019.)
17. Жерновая Н.Ф., Павленко З.В. Свойства стекол и стеклокристаллических материалов. Учебно-методическое пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 138 с.
18. Скурятина Е.Ю., Онищук В.И., Жерновая Н.Ф., Затакова Р.А. Априорная оценка эффективности и границ применения колеманита как стекольного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С.70–76.
19. Онищук В.И., Скурятина Е.Ю., Жерновая Н.Ф., Мариева А.В. Фазовое разделение в боросиликатных стеклах, синтезированных в системе материалов сода – колеманит – кварцевый песок // Стекло и керамика. 2019. №9. С. 3–8.

20. Онищук В.И., Месяц М.В., Евтушенко Е.И., Дороганов В.А. Особенности высококонцентрированных вяжущих суспензий на основе

керамических материалов и силикатных стекол// Огнеупоры и техническая керамика. 2014. №10. С. 21–26.

Информация об авторах

Онищук Виктор Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология стекла и керамики». E-mail: v.onishchuk@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Агеева Светлана Витальевна, аспирант кафедры «Технология стекла и керамики». E-mail: sorokinasvetlanka@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Евтушенко Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Технология стекла и керамики». E-mail: evevin@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Скuryatina Елена Юрьевна, аспирант кафедры «Технология стекла и керамики». E-mail: alena.skuryatina@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Беседин Павел Васильевич, доктор технических наук, профессор. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в октябре 2019 г.

© Онищук В.И., Агеева С.В., Евтушенко Е.И., Скuryatina Е.Ю., Беседин П.В., 2019

***Onishchuk V.I., Ageeva S.V., Evtushenko E.I., Skuryatina E.Yu., Besedin P.V.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

**E-mail: v.onishchuk@mail.ru*

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF GETTING UNFRITTED GLAZES IN THE SYSTEMS «GLASS NG-3 – ULEXITE» AND «GLASS NG-3 – COLEMANITE»

Abstract. The article presents the results of a priori estimation and experimental confirmation of the possibility of obtaining unfritted low-baked glazes for majolica based on low-alkali glass NS-3 and poorly soluble complex boron-containing materials - ulexite and colemanite. The main conditions are formulated that determine the algorithm for modeling the composition of unfritted glazes, ranked by their specific influence on the final physicochemical properties of the glaze coating formed during firing: reduced compared to the shard, low melting point and high glass transition speed, compatibility of the thermal coefficients of linear expansion of the glassy coating and shard, high chemical stability of the formed glassy coating in relation to various reagents, application as yrevykh materials poorly soluble substances. The studies are carried out in two-component systems "NG-3 glass - ulexite" and "NG-3 glass - colemanite", in which the role of the matrix is played by low-alkali chemically stable glass NG-3, and ulexite and colemanite - modifiers of its composition, which contribute to lowering the transition temperature in a plastic state in which glazing of the surface of a ceramic crock is possible. The results of experimental studies confirms the possibility of obtaining glazes in the considered two-component systems. The possibility of obtaining transparent coating glazes in the NG-3 - ulexite glass system and opaque "muffled" glazes in the NG-3 - colemanite glass system is established.

Keywords: unfritted glazes, composition modeling, calculation of properties, mechanical activation, glass transition, segregation, glaze quality.

REFERENCES

1. Steinberg J.G., Thorne E.G. Glassy coatings for ceramics. [Steklovidnye pokrytiya dlya keramiki]. 2nd ed. revised. and extra. Leningrad: Stroyizdat, Leningrad the. ed., 1989. 192 p. (rus)

2. Tkachev A.G., Tkacheva O.N., Solov'eva I.S. Production of Low-Melting Glazes Without Frit Melting [Poluchenie legkoplavkih glazurej bez varki fritty]. Glass and Ceramics. November. 2002. Vol. 59. Iss. 11–12. Pp. 378–379. 59: 378. <https://doi.org/10.1023/A:1022576106706>

3. Levitsky I.A., Biryuk V.A. Glazed Majolica Articles Produced by Single-Stage Firing [Glazurovannye majolikovyie izdeliya odnokratnogo obzhiga]. Glass and ceramics. 2000. Vol. 57, Iss. 11–12. Pp 431–434. 57: 431. <https://doi.org/10.1023/A:1010937911197>
4. Salakhov A.M., Spirin O.V., Remennikova V. I., Khozin V. G. Low-Melting Glaze for Structural Ceramics. [Legkoplavkaya glazur' dlya stroitel'noj keramiki]. Glass and ceramics. 2001. Vol. 58, Iss. 5–6. Pp 174–175. 58: 174. <https://doi.org/10.1023/A:1012370410614>
5. Gerasimov V.V., Spirina O.V. Modern Low-Melting Borosilicate Glasses and Glazes for Majolica and Pottery (A Review). [Sovremennye legkoplavkie borosilikatnye stekla i glazuri dlya majoliki i goncharnyh izdelij]. Glass and ceramics. May 2004, Volume 61, Issue 5–6, pp 198–202. 61: 198. <https://doi.org/10.1023/B:GLAC.0000043093.38624.bd>
6. Pavlushkina T.K., Morozova I.V. Development of low-melting glasses for decorating facing materials. [Razrabotka legkoplavkih stekol dlya dekorirovaniya oblicovочnyh materialov]. Glass and ceramics. 2010, Vol. 67, Iss. 3–4. Pp 86–88. 67: 86. <https://doi.org/10.1007/s10717-010-9243-2>
7. Leschuk G.V., Rudenko M.I., Belostotskaya L.A. Glass-Ceramic coatings on ceramics. [Steklokristallicheskie pokrytiya po keramike]. Kharkiv: NTU "KHPI", 2008. 480 p. (rus)
8. Rudkovskaya N.V., Mikhaylenko N.Yu. Decorative Zinc-Containing Crystalline Glazes for Ornamental Ceramics (A Review). [Dekorativnye cinksoderzhashchie kristallicheskie glazuri dlya hudozhestvennoj keramiki] Glass and ceramics. November 2001, Volume 58, Issue 11–12, Pp. 387–390.
9. Klevakin V.A., Deryabin V.A., Klevakina E.V. Particularities of tinting glazes, using cobalt oxides, for building ceramic. [Osobennosti okrashivaniya glazuri dlya stroitel'noj keramiki oksidami koba'l'ta]. Glass and ceramics. May 2009, Volume 66, Issue 5–6. Pp 221–222. 6: 221. <https://doi.org/10.1007/s10717-009-9155-1>.
10. Zhernovaya N.F., Burchakova Yu.V., Zhernovoy F.E., Miroshnikov E.V. Low-melting non-frit glazes for construction and artistic ceramics. [Legkoplavkie nefritovannye glazuri dlya stroitel'noj i hudozhestvennoj keramiki]. Glass and ceramics. 2013. Vol. 70, Iss. 3–4. Pp 104–106. 70: 104. <https://doi.org/10.1007/s10717-013-9519-4>.
11. Spirina O.V., Remennikova V.I. Selection of glazes for ceramic bodies subject to the approval of their thermal expansion coefficients [Podbor glazurej dlya keramicheskikh mass s uchetom soglasovaniya ih koefficientov termicheskogo rasshireniya]. Proceedings of Kazan state construction University. 2006. No. 1(5). Pp 45–49.
12. Appen A.A. Chemistry of glass [Himiya stekla]. L.: Chemistry. 1974. 352 p.
13. Shultz M.M., Mazurin O.V. Modern ideas about the structure of cells and their properties [Sovremennye predstavleniya o stroenii steklo i ih svojstvah]. L.: Nauka, 1988. 198 p.
14. Ulexite ground. [Uleksit molotyj]. [electronic resource]. Access mode: <https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/uleksit-moloty.html>/(accessed 14.10.2019.)
15. Colemanite ground [Kolemanit molotyj]. [electronic resource]. -Access mode: <https://www.chempack.ru/ru/chemical-raw-materials/kolemanit-moloty.html>/(accessed 14.10.2019.)
16. ООО "Ecoproduct" [electronic resource]. – Mode of access: <http://www.etimaden.ru/> (accessed 14.10.2019.)
17. Zhernovaya N.F., Pavlenko Z.V. Properties of glasses and glass-crystal materials. Educational and methodical manual. [Svojstva stekol i steklokristallicheskih materialov. Uchebno-metodicheskoe posobie]. Belgorod: Publishing house of BSTU, 2006. 138 p.
18. Skuryatina E.Yu., Onishchuk V.I., Zhernovaya N.F., Zatakovaya R.A. Apriori evaluation of the effectiveness and boundaries of the use of colemanite as a glass raw material [Apriornaya ocenka effektivnosti i granic primeneniya kolemanita kak stekol'nogo syr'ya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 3. Pp. 70–76.
19. Onishchuk V.I., Skuryatina E.Yu., Zhernovaya N.F., Marieva A.V. Phase separation in borosilicate glasses synthesized in the system of soda-colemanite-quartz sand materials. [Fazovoe razdelenie v borosilikatnyh steklah, sintezirovannyh v sisteme materialov soda – kolemanit – kvarcevyj pesok] Glass and ceramics. 2019. No. 9. Pp. 3–8.
20. Onishchuk V.I., Mesiats M. V., Yevtushenko E. I., Doroganov V. A. Features of highly concentrated binding suspensions based on ceramic materials and silicate glasses [Osobennosti vysokokontsentrirrovannyh vyzhushchih suspenzij na osnove keramicheskikh materialov i silikatnyh stekol]. Refractories and technical ceramics. 2014. No. 10. Pp. 21–26.

Information about the authors

Onishchuk, Viktor I. PhD, Assistant professor. E-mail: v.onishchuk@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ageeva, Svetlana V. Postgraduate student. E-mail: sorokinasvetlanka@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Evtushenko, Eugene I. DSc, Professor. E-mail: evevin@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Skuryatina, Elena Yu. Postgraduate student. E-mail: alena.skuryatina@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

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

Received in October 2019

Для цитирования:

Онищук В.И., Агеева С.В., Евтушенко Е.И., Скурятина Е.Ю., Беседин П.В. Исследование возможности получения нефриттованной глазури в системах «Стекло НС-3 – улексит» и «Стекло НС-3 – колеманит» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 140–150. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-140-150

For citation:

Onishchuk V.I., Ageeva S.V., Evtushenko E.I., Skuryatina E.Yu., Besedin P.V. Research of the possibility of getting unfritted glazes in the systems «Glass ng-3 – ulexite» and «Glass ng-3 – colemanite». Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 140–150. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-140-150

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-151-161

¹Тимофеев С.П., ²Лесунов М.Е., ³Хуртасенко А.В., ^{3,*}Маслова И.В.¹ООО «Промагро», Россия, 309295, Белгородская область, Шебекино, Ржевское шоссе, 370²ИП Лесунов Максим Егорович, Россия, Белгородская область, Красненский район, с. Готовье³Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46

*E-mail: iren_mas@list.ru

МЕТОДИКА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация. Для определения погрешности формы поверхностей катания крупногабаритных деталей вращающихся технологических агрегатов, таких как бандаж и ролики обжиговых печей, используются различные методики и устройства. Это необходимо для правильного назначения параметров дальнейшей восстановительной обработки встраиваемыми станочными модулями. Приобретаемые погрешности возникают в результате технологической работы агрегатов связаны не только с большими габаритами и массами самих деталей, но и с непостоянством положения оси вращающейся детали, установленной на два опорных ролика, из-за имеющейся начальной и прогрессирующей погрешностью формы в поперечном сечении. Актуальной задачей является определение видов и погрешности формы поверхностей катания, анализ, прогнозирование и расчет величины отклонения от круглости в поперечном сечении бандаж и вычисление отклонений от цилиндричности. Наиболее важными становятся вопросы моделирования процесса работы и диагностики агрегата, разработки методик определения возникающих погрешностей, их видов, вычисление реальных величин отклонений от исходного контура на основе реконструирования контура сечения с использованием возможностей современных САД-систем и средств программирования. Получение массивов данных в процессе измерений и их обработка с помощью специального программного модуля, который выполняет интерактивный перерасчет погрешностей формы при задаваемых различных входных параметрах поперечного сечения бандаж, обеспечивает возможность получения информации о состоянии наружных поверхностей катания деталей опор на работающем агрегате. В данной работе приведена методика определения геометрических параметров формы в поперечном сечении детали вращения, алгоритмы и программное обеспечение, для реконструирования контуров поперечных сечений детали и расчета погрешности формы наружных цилиндрических поверхностей.

Ключевые слова: крупногабаритные детали вращения, погрешность, точность формы, отклонение от круглости, бандаж, цифровая реконструкция, поперечное сечение, профиль, цилиндричность.

Введение. Восстановительная обработка поверхностей деталей, входящих в состав опор технологических барабанов [1, 2, 3] предполагает применения специального оборудования [4, 5, 6, 7, 8]. Для обеспечения требований качества обработанных поверхностей, предполагающих дальнейшую эксплуатацию этих деталей необходимо правильно назначать параметры восстановительной обработки. Это возможно на основе периодических измерений параметров формы и определения действительных погрешностей в продольном и поперечных сечениях [9].

Основными геометрическими параметрами точности формы, подлежащими определению в ходе ремонтно-восстановительных работ при диагностике поверхности катания бандажей технологических барабанов, являются

отклонение от круглости поперечных сечений и отклонение от цилиндричности [10].

Погрешность формы при этом будет характеризоваться максимальным отклонением от круглости. Отклонение от круглости — геометрическая величина, численно равная наибольшему расстоянию от точек реального профиля до прилегающей окружности [11].

Использование различных методик измерения формы наружной поверхности крупногабаритных деталей дает возможность определения численных значений величин отклонений от круглости и цилиндричности с целью проведения восстановительной обработки поверхностей катания технологических агрегатов [12, 13, 14].

Методика. В результате восстановления формы профиля бандаж в поперечном сечении

путем получения математического описания контура наружной поверхности, а также, вычисления таких параметров поперечного сечения как центр и радиус окружности, вписанной в контур поперечного сечения можно определить величину погрешности формы.

Ниже приведена методика определения величины погрешности формы, выражающаяся в виде отклонения от круглости поперечного сечения, относительно вписанной окружности, и состоящая из следующих этапов:

- Цифровая реконструкция контура поперечного сечения поверхности катания бандажей технологических барабанов [12, 13, 14];
- Определение параметров вписанной окружности в контур сечения;
- Расчет величины погрешности формы.

Для поверхности катания бандажей технологических барабанов применение расчета параметров формы вписанных фигур, в отличие от установленных по ГОСТ 24642-81 прилегающей окружности и цилиндра, обосновано следующим:

- параметры вписанной окружности и цилиндра однозначно характеризуют максимальный диаметр идеальной геометрии объекта, который возможно достичь после механической обработки;

– для определения вписанной окружности существуют методики и математические аппараты [9];

– замена прилегающей фигуры, на вписанную не повлияет на точность определения действительной величины отклонения. В таком случае величина отклонения от круглости $\Delta_{кр}^k$ определяется, как наибольшее расстояние Δ от точек реального контура поверхности до вписанной окружности. Величины радиального биения по сечениям $\Delta_{рб}^k$ и отклонение от цилиндричности $\Delta_{ц}$ определяется, как наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до вписанного цилиндра;

– применение вписанных фигур позволяет частично компенсировать возможные случайные ошибки при измерении, а также накапливаемую погрешность измерений [14].

Расчетная схема для определения максимальной погрешности формы в поперечном сечении бандажа представлена на рис. 1.

Для расчетов исходными данными являются:

- массив координат точек определяющих реконструированный контур $P_i^{BCS_k}$;

- координаты центра вписанной окружности максимального радиуса $P_{c_0}^{BCS_k}$;
- радиус вписанной окружности $R_{c_0}^k$

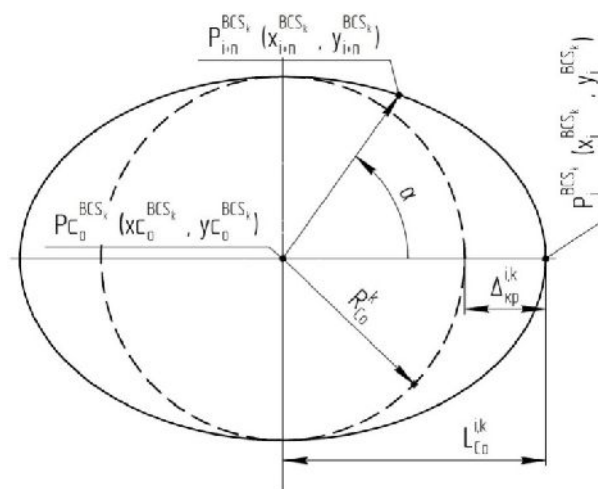


Рис. 1. Схема для определения отклонения от круглости контура реконструированного сечения

Алгоритм расчета погрешности формы:

Шаг 1. Для каждой точки реконструированного контура $P_i^{BCS_k}$ рассчитывается расстояние $L_{c_0}^{i,k}$ от центра вписанной окружности, по формуле:

$$L_{c_0}^{i,k} = \sqrt{(x_{c_0}^{BCS_k} - x_i^{BCS_k})^2 + (y_{c_0}^{BCS_k} - y_i^{BCS_k})^2} \quad (1)$$

где $x_{c_0}^{BCS_k}$ и $y_{c_0}^{BCS_k}$ – координаты точки $P_{c_0}^{BCS_k}$ центра вписанной окружности в BCS_k ; $x_i^{BCS_k}$, $y_i^{BCS_k}$ – координаты точек контура k -го сечения поверхности в BCS_k .

Шаг 2. Рассчитывается отклонение $\Delta_{кр}^{i,k}$ для каждой точки контура:

$$\Delta_{кр}^{i,k} = L_{c_0}^{i,k} - R_{c_0}^k \quad (2)$$

Шаг 3. Определяется максимальное значение $\Delta_{кр}^{i,k}$, которое и будет являться отклонением от круглости, относительно вписанной окружности:

$$\Delta_{кр}^k = \Delta_{кр}^{i,k} \max \quad (3)$$

Основная часть. Для реализации алгоритма расчета погрешности формы с использованием языка программирования, необходимо представить его структурно. При этом программу необходимо обеспечить входными данными, организовать процесс расчета и обеспечить сохранение и наглядность полученных результатов по рассчитанным значениям. Блок-схема расчета отклонения от круглости сечения поверхности представлена на рис. 2.

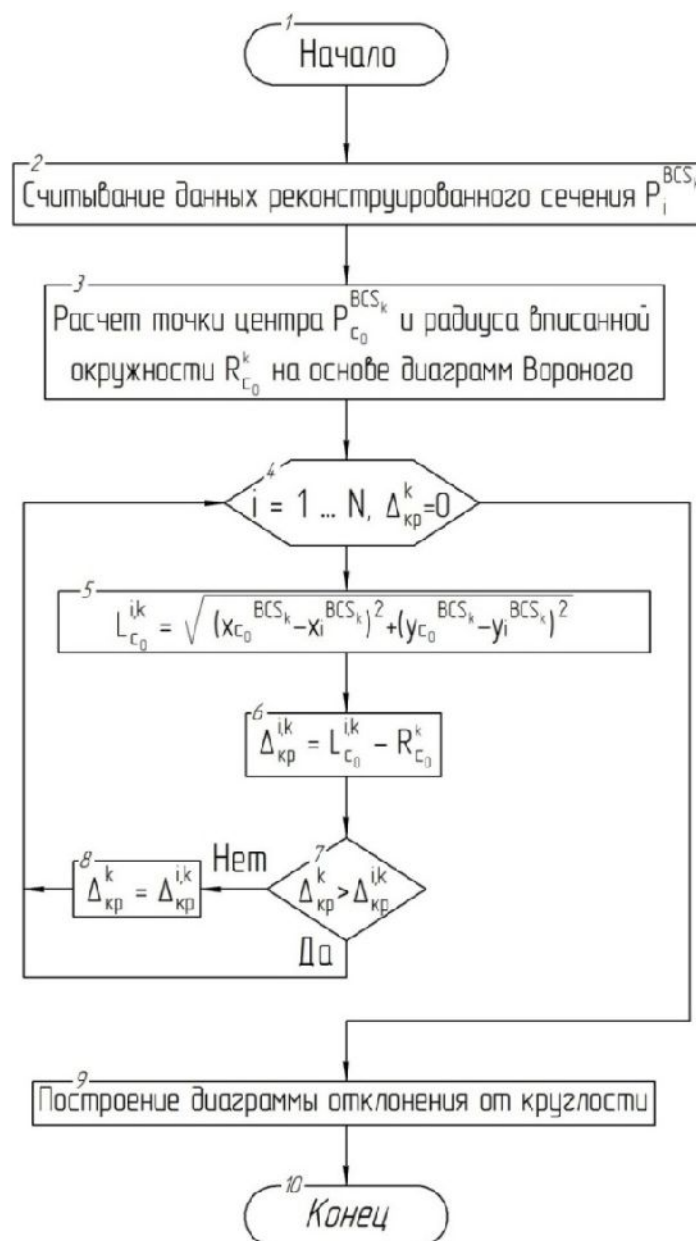


Рис. 2. Блок-схема расчета величины отклонения от круглости контура сечения поверхности (N – количество точек реконструированного контура сечения)

В результате выполнения вычислений формируется массив величинам $\Delta_{кр}^{i,k}$, по которым возможно построение круглограммы отклонений восстановленного контура бандажа (рис. 3). Каждая вписанная окружность, центр которой лежит на оси цилиндра, соответствует образующей, лежащей на поверхности вписанного цилиндра. Приведенная на рисунке 3 круглограмма описывает изменение величины $\Delta_{кр}^{i,k}$ для k -го сечения. Круглограмма будет отражать изменение величины $\Delta_{рб}^{i,k}$ радиального биения контура сечения данной поверхности.

Помимо расчета отклонений от круглости предложен расчет отклонения от цилиндричности поверхности катания бандажа, при условии

наличия данных о ряде реконструированных сечений в единой системе координат. Методика определения величины погрешности формы выраженной в виде отклонения от цилиндричности схожа с приведенной выше, и дополняется этапом проецирования на единую плоскость одного из сечений, всех реконструированных контуров. Соответственно найденная на основе диаграмм Вороного вписанная окружность соответствует сечению вписанного цилиндра. Ось реконструированной поверхности совпадает с осью вписанного цилиндра, следовательно каждое поперечное сечение двух поверхностей дает возможность получения величины радиального биения $\Delta_{кр}^{рб}$. Блок-схема расчета отклонения от цилиндричности и величин радиального биения сечений поверхности представляется блок-схемой (рис. 4).

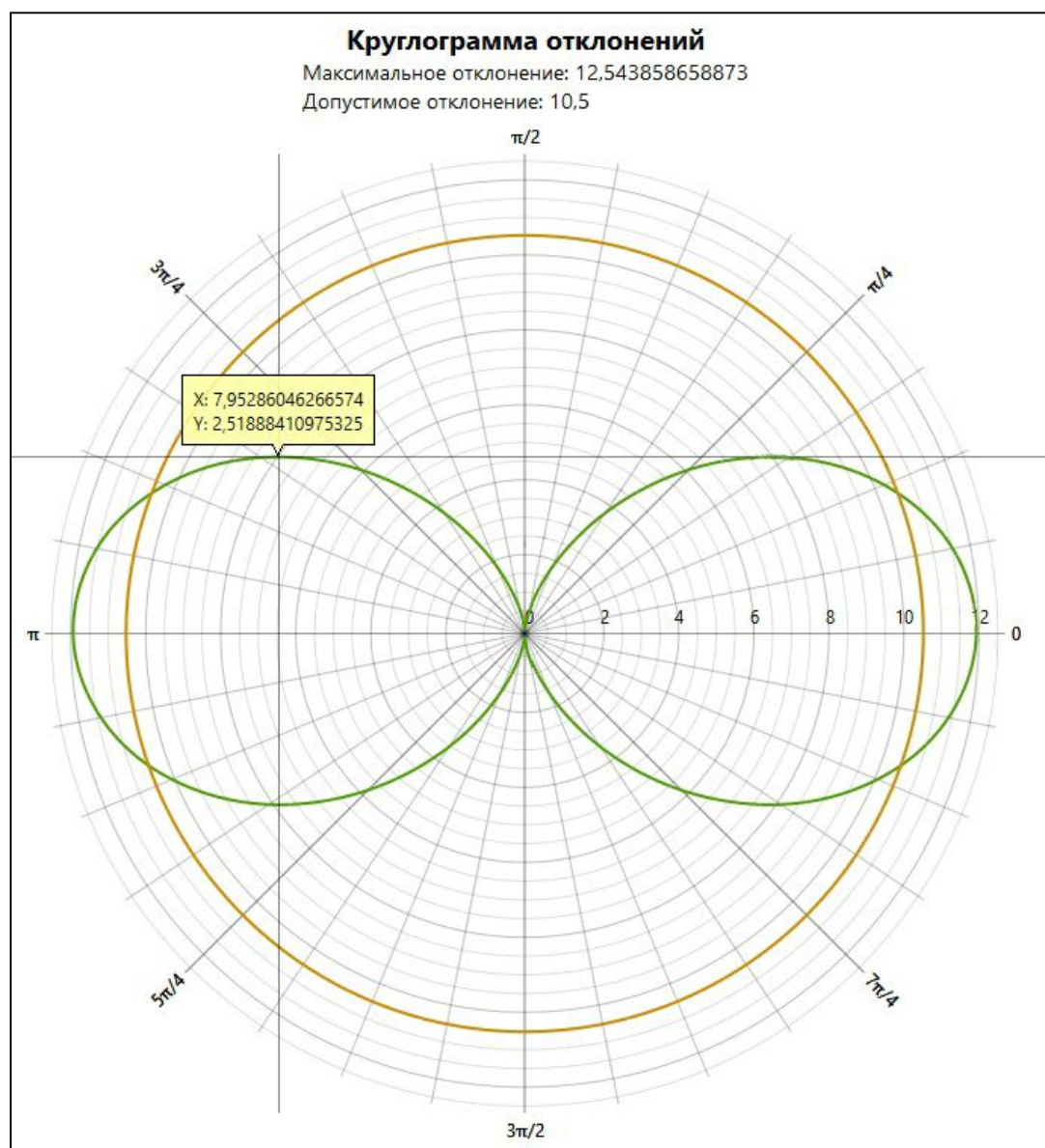


Рис. 3. Круглограмма отклонения от круглости контура реконструированного сечения

В программном обеспечении информационно-измерительной системы реализованы 2 шага измерений, согласно методике, представленной в [10]. Результатом работы модуля является массив точек измеряемой поверхности в единой системе координат, который можно использовать для дальнейших расчетов в информационно-измерительной системе, либо произвести выгрузку в табличном формате с помощью модуля импорта/экспорта данных для расчетов в других программных комплексах.

Модуль реконструкции поверхности производит реконструкцию формы поверхности измеряемого объекта с помощью интерполяции точек поверхности полученных в результате работы измерительного модуля системы или в результате импорта данных.

В модуле расчета параметров, вписанных окружности и/или цилиндра определяются геометрические параметры формы вписанной

окружности или цилиндра. Расчет производится на основе массива точек, полученных в результате работы модуля реконструкции поверхности. Выходные параметры модуля – радиус и координаты центра наибольшей окружности, вписанной в измеряемый контур.

Модуль расчета отклонений позволяет определить погрешность формы крупногабаритной детали.

Модуль генерации отчетов позволяет просматривать результаты работы информационно-измерительной системы в удобном виде. Выходные данные модуля генерации отчетов – HTML файл, в котором приведены основные параметры точности формы измеряемого объекта, в том числе графический материал и круглограммы отклонений.

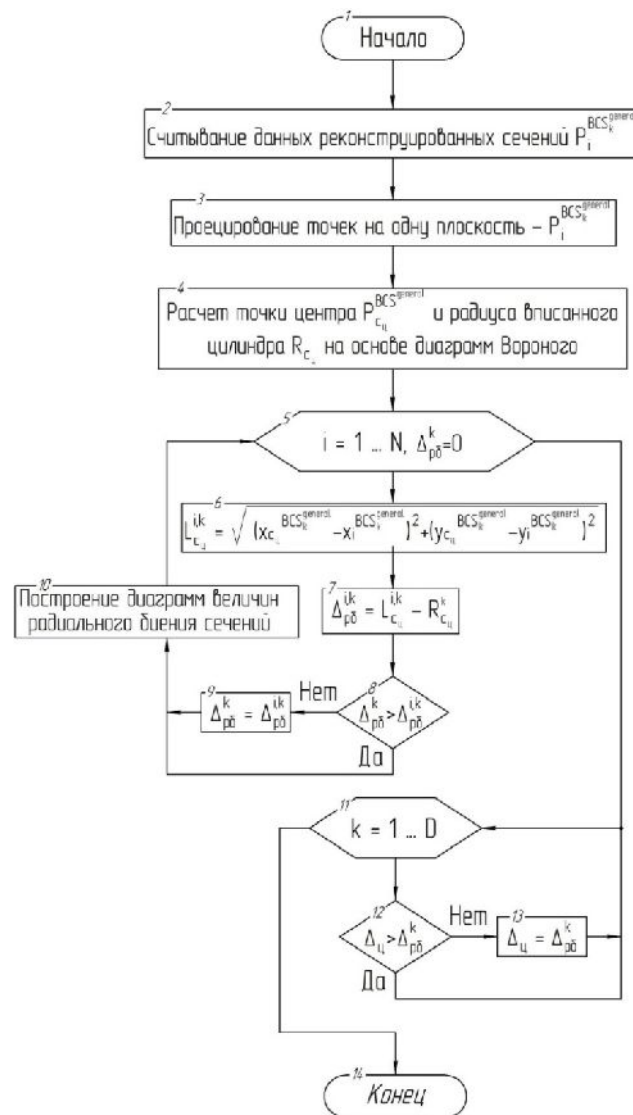


Рис. 4. Блок-схема расчета величины отклонения от цилиндричности поверхности и радиального биения её сечений (N – количество точек реконструированного контура сечения)

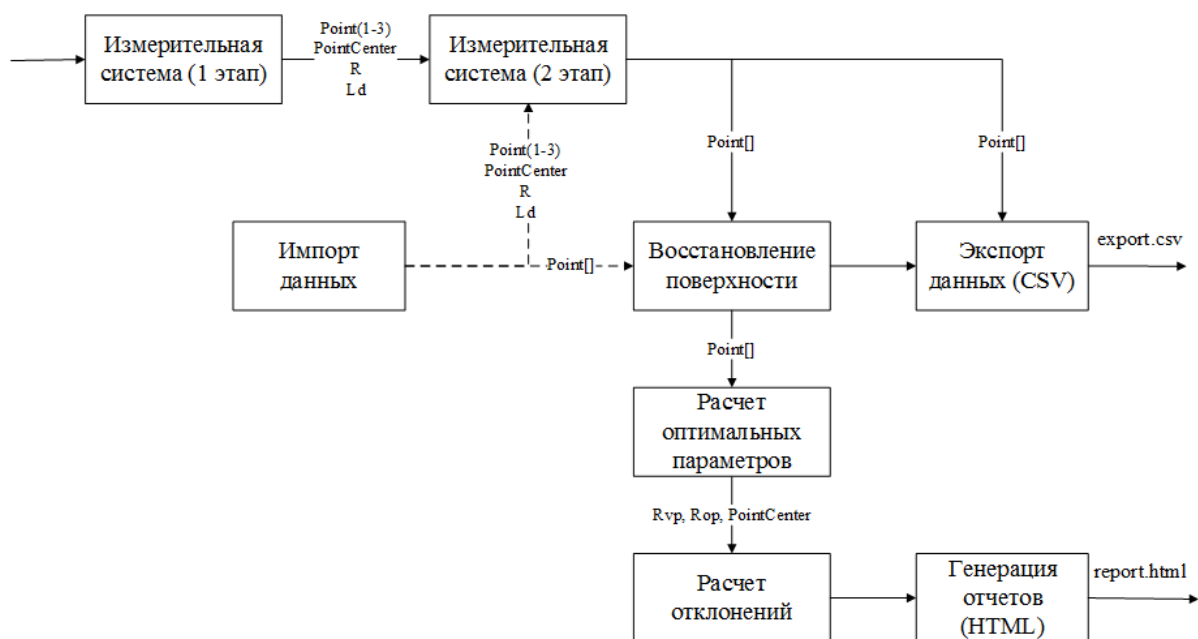


Рис. 6. Структурная схема программного обеспечения информационно-измерительной системы

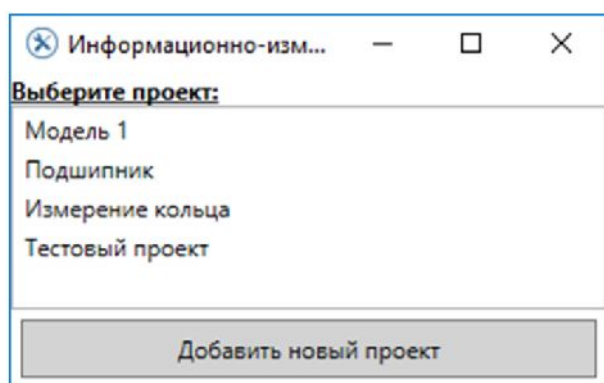


Рис. 7. Окно MainWindow

Общий интерфейс программы организован, как многооконная система, со встроенными управляющими элементами для удобства исполь-

зования. Окно MainWindow, внешний вид которого приведен на рис. 7, позволяет пользователю выбрать ранее созданный проект измерений или перейти к созданию нового.

Окно AddProject (рис.8), позволяет пользователю ввести параметры объекта, параметры измерительного устройства и точность расчетов, произвести тестирование подключения датчиков, их калибровку, а затем добавить новый проект в систему. Под параметрами объекта понимаются геометрические размеры объекта (Номинальный радиус) и размеры опор, на которых он установлен (Величина вылета первой опоры, Величина вылета третьей опоры, Межосевое расстояние шупов и т.д.). Для вычисления погрешностей необходимо задать порядок сплайна интерполяции, а также ввести необходимое число точек интерполяции.

Добавить новый проект

Объект и устройство

- Информация об объекте
 - Название:
 - Описание:
 - Ответственный:
 - Контактная информация:
 - Номинальный радиус:
 - Допустимая погрешность:
- Параметры расчета
 - Порядок сплайна интерполяции:
 - Количество точек интерполяции:
- Параметры опор
 - Величина вылета первой опоры (r1), мм:
 - Величина вылета третьей опоры (r3), мм:
 - Межосевое расстояние шупов на втор:
 - r2 датчика изм, мм:
 - r2 датчика КИМ, мм:
- Параметры угловых преобразователей
 - Передаточное число колеса энкодера:
 - a1, мм:
 - a3, мм:
 - a2 датчика изм, мм:
 - a2 датчика КИМ, мм:
- Параметры устройства
 - L, мм:
 - H, мм:
 - Xb, мм:
 - deltaX, мм:
 - xВ, мм:
 - yВ, мм:
 - Point3X, мм:
 - Point3Y, мм:

Параметры датчиков

- Параметры PCI платы СКБИС
 - Номер PCI-платы СКБИС в системе:
 - Идентификатор ресурса PCI-платы СКБ:
- Параметры датчика линейных перемещений
 - Номер канала PCI-платы СКБИС:
 - Разрядность:
 - Частота опроса:
 - Пауза опроса:
 -
 -
- Параметры абсолютного энкодера
 - Номер канала PCI-платы СКБИС:
 - Разрядность:
 - Частота опроса:
 - Пауза опроса:
 -
 -
- Параметры инкрементального энкодера
 - Порт Arduino:
 - Скорость порта:
 - Разрешающая способность:
 -

Рис. 8. Окно AddProject



Рис. 9. Окно параметров проекта SettingsView

Для просмотра параметров проекта используется окно SettingsView (рис. 9), в котором пользователь выбирает вариант процесса и, либо сохраняет проект, либо удаляет проект.

Заданное количество точек, их координаты для вновь созданного проекта для измерений можно увидеть в окне ProjectView (рис. 10), которое также позволяет просмотреть информацию о проекте, отображает все основные этапы измерений, позволяет пользователю осуществлять загрузку/выгрузку точек в формате CSV. Табличное представление значений дает возможность наглядно оценить массив координат точек, координаты центра вписанной окружности и значения радиуса окружности.

Результаты измерений и расчетов

Расчитанные параметры

Радиус вписанной окружности: 256.46602508448831

Радиус описанной окружности: 257.49628342923711

Центр найденных окружностей: 32,5778608530706; 254,456784204259

Максимальное отклонение: 1.0302583447488019

Результаты измерений 1 этапа

Результаты измерений 2 этапа

Точка 1	Точка 2	Точка 3	Центр	R
0; 0				258.2647516
32,9465390900855; -2,110178761	65,89436204; 0	98,302346739265; 6,2972795379	32,9526214186135; 256,0696277	258.1798066
65,8928601449954; -0,00019320	98,302346739265; 6,2972795379	129,640360349666; 16,68282709	33,0035779347387; 255,8073837	257.913205
98,3005619163129; 6,296812442	129,640360349666; 16,68282709	159,392682520211; 30,99134116	33,106476727612; 255,49688662	257.5867731
129,638465865776; 16,68206131	159,392682520211; 30,99134116	187,06738135125; 48,992843023	33,2635711603254; 255,1702299	257.2250511
159,390843900359; 30,99030671	187,06738135125; 48,992843023	212,204592801181; 70,39557128	33,4672103078967; 254,8571614	256.8523509
187,065738231948; 48,99161706	212,204592801181; 70,39557128	234,384444056993; 94,85017163	33,7086161637074; 254,5736313	256.4807429
212,203263028404; 70,39428254	234,384444056993; 94,85017163	253,234807489808; 121,9547257	33,9570576522433; 254,3482980	256.1460317
234,38349280362; 94,848976289	253,234807489808; 121,9547257	268,438206838525; 151,2612391	34,1925038525948; 254,1845515	255.8598398

Сохранить в файл

Точки интерполяции

Точка 1

-5,73740954745716E-11; -4,72419984243189E-10

0,300258779053492; -0,0359765557052858

0,601246486706356; -0,0716903450384756

0,902967672460775; -0,107141869718347

1,20542646974197; -0,142331549568476

1,50862659426918; -0,177259722854443

1,8125713427904; -0,211926646207267

2,11726359212395; -0,246332494605451

2,42270579850663; -0,280477361415581

Сохранить в файл

Рис. 10. Окно ProjectView в режиме загрузки точек, описывающих контур

Окно NewMeteringView позволяет контролировать процесс измерения объекта, т.е. на каждой итерации наглядно видеть координаты точек, образующих контур. Внешний вид окна приведен на рис. 11.

Массивы значений координат точек хранятся в таблицах и могут быть экспортированы в файлы различных форматов для дальнейшего их

использования. Тем не менее, по рассчитанным данным модуль графических построений предоставляет возможность выполнить построение графиков и вывести их на экран компьютера. Для этого пользователю необходимо перейти в окно GraphView (рис. 12) и просмотреть реконструированный контур.

Новое измерение

Управление измерением

Старт

Сохранить результаты

Стоп

Результаты измерения (1 этап)

Точка 1	Точка 2	Точка 3	Центр	R	Ld

Результаты измерения (2 этап)

Точка 1	Точка 2	Точка 3	Центр	R

Параметры измерения

Радиус объекта:

Текущие показания энкодера:

Следующая точка измерения:

Количество точек измерения:

График

Не произведено ни одного измерения

Рис. 11. Окно NewMeteringView

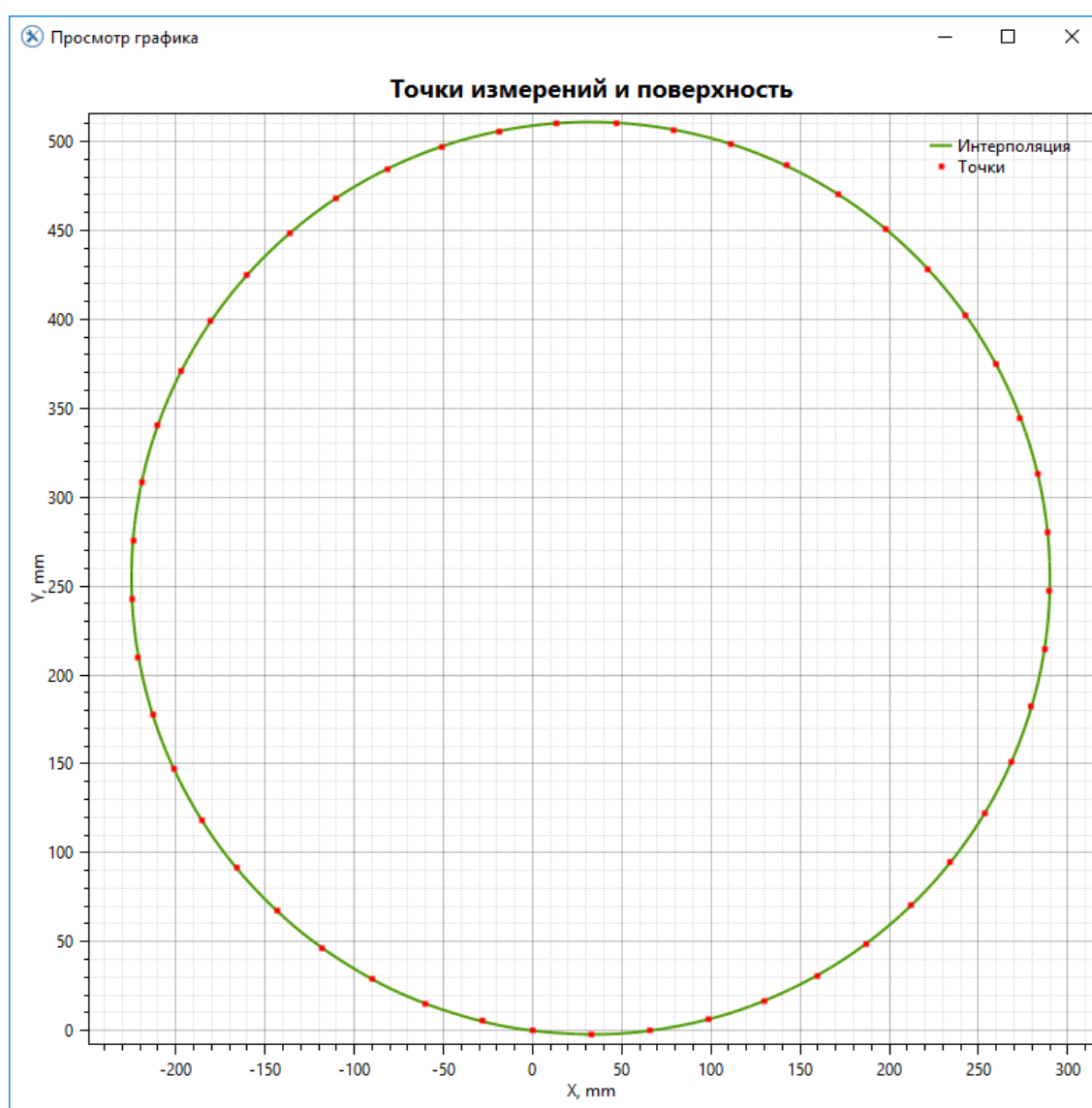


Рис. 12. Окно GraphView

Выводы. Разработана методика и программное обеспечение для расчета величины погрешности геометрической точности формы поверхности катания бандажей технологических барабанов на основе диаграмм Вороного. Разработанное программное обеспечение позволяет в сочетании с предложенными методами измерения геометрических параметров точности формы производить диагностику и анализ точности формы как крупногабаритных деталей технологических барабанов, так и прочих монотонных цилиндрических поверхностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mogilny S., Sholomitskii A. Precision Analysis of Geometric Parameters for Rotating Machines during Cold Alignment. *Procedia Engineering*. 2017 Vol. 206, Pp. 1709–1715.
2. Boateng A.A. Rotary Kilns. Elsevier Inc. Publ., 2015. 390 p.
3. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Г.М., Маркова О.В. Способ установки обжиговой печи или сушильных барабанов на ось вращения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 110–112.
4. Универсальный встраиваемый станок УВС-01 / Федеральный каталог высокотехнологичного оборудования и объектов научного потенциала России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://каталог-нп.рф/project/281>.
5. Пат. № 125499, Российская Федерация, МПК В23В 5/00 (2006.01). Станок для обработки бандажей / Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Рыбалко В.Ю.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2012121121/02, заявл. 22.05.2012; опубл. 10.03.2013, Бюл. № 7.
6. Пат. № 58420, Российская Федерация, МПК В23Q1/76 (2006.01). Следящий суппорт / Санин С.Н., Бондаренко В.Н., Погонин А.А.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2006120063/22, заявл. 07.06.2006; опубл. 27.11.2006, Бюл. № 33.
7. Пат. № 118235, Российская Федерация, МПК В23В 5/00 (2006.01). Станок для обработки бандажей и роликов /., Мурыгина Л.В., Рыбалко В.Ю., Черняев А.С.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2011151348/02, заявл. 15.12.2011; опубл. 20.07.2012, Бюл. № 20.
8. Санин С.Н., Оникиенко Д.А. Разработка концепции мобильного стенда для механической обработки бандажей вращающихся печей с базированием по торцовой поверхности и отверстию // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 104–109.
9. Маслова И.В., Четвериков Б.С. Определение искажений формы крупногабаритных деталей по анализу проекции правильной геометрической фигуры на криволинейную поверхность // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 135–140.
10. Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В., Тимофеев С.П. Методика определения формы наружной поверхности качения опор технологических // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 3. С. 85–89.
11. Vijayan S.N., Sendhilkumar S. Industrial Applications of Rotary Kiln in Various Sectors - A Review. *International Journal of EngineeringInnovation&Research*, 2014, vol 3, pp. 342-345.
12. Пат. № 161400, Российская Федерация, МПК G01B 5/20 (2006.01). Измерительное устройство для определения формы поверхностей крупногабаритных деталей - тел вращения / Хуртасенко А.В., Тимофеев С.П., Шрубченко И.В., Воронкова М.Н., Гринек А.В.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова № 2015152710/28. заявл. 08.12.2015; опубл. 20.04.2016 Бюл. № 11.
13. Пат. № 179248, Российская Федерация, МПК G01B 5/00 (2006.01). Измерительное устройство для определения геометрических параметров формы поверхностей крупногабаритных деталей / Тимофеев С.П., Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В., Воронкова М.Н.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова № 2017133931. заявл. 28.09.2017; опубл. 07.05.2018 Бюл. № 13.
14. Тимофеев С.П., Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В. Методика измерения формы наружной поверхности крупногабаритных деталей – тел вращения опор технологических барабанов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. Т. 20. № 9. С. 35–45. DOI: 10.21285/1814-3520-2016-9-35-45.

Информация об авторах

Тимофеев Сергей Петрович, Инженер-конструктор. E-mail: Timofeevsp@inbox.ru. ООО "Промагро". Россия, 309295, Белгородская область, г. Шебекино, Ржевское шоссе, 370 А.

Лесунов Максим Егорович, разработчик компьютерного программного обеспечения. E-mail: maxlesunow@gmail.com. ИП Лесунов Максим Егорович. Белгородская область, Красненский район, село Готовье, ул. Молодежная, дом 20.

Хуртасенко Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: hurtintbel@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Маслова Ирина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: iren_mas@list.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в декабре 2019 г.

© Тимофеев С.П., Лесунов М.Е., Хуртасенко А.В., Маслова И.В., 2019

¹*Timofeev S.P., ²Lesunov M.E., ³Khurtasenko A.V., ^{3,*}Maslova I.V.*

¹LLC Promagro, Russia, 309295, Belgorod region, Shebekino, Rzhnevskoe shosse, 370

²IE Lesunov Maxim Egorovich. Russia, Belgorod region, Krasnensky district, village Gotovye

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

*E-mail: iren_mas@list.ru

THE METHODOLOGY AND SOFTWARE FOR CALCULATING THE ERROR OF CYLINDRICAL SURFACES

Abstract. Various techniques and devices are used to determine the shape errors of large-sized parts of technological units. This is important for the correct assignment of parameters for further reduction processing by special machines and machine tools. The acquired errors arise for several reasons: 1) large dimensions and weight of rotating parts, 2) the instability of the axis of the rotating part mounted on two support rollers, 3) the available initial and acquired shape error in the cross section of the part. It is important to define the types of form errors of the surfaces, error analysis, prediction and calculation of deviations from roundness in the cross section of the bandage, and the evaluation of cylindricity. Modeling of the process of operation and diagnostics of the unit, development of methods for determining errors, calculation of real values of deviations from the original contour on the basis of reconstruction of the contour of the section becomes important and necessary. These processes are performed using modern CAD systems and software. Obtaining data arrays in the process of measurements and their processing with the help of a special software module that performs an interactive calculation of shape errors with different geometric parameters of the cross-section of the bandage, provides the ability to obtain information about the state of the outer surfaces and parts of the supports on the operating unit. This article presents a method for determining the geometric parameters of the shape in the cross section of the rotation part, algorithms and software for reconstructing the contours of the cross sections of the part and calculating the shape error of the outer cylindrical surfaces.

Keywords: large-size rotation parts, error, shape accuracy, deviation from roundness, bandage, digital reconstruction, cross-section, profile, cylindricity.

REFERENCES

1. Mogilny S., Sholomitskii A. Precision Analysis of Geometric Parameters for Rotating Machines during Cold Alignment. Proceedings Engineering, 2017. Vol. 206. Pp. 1709–1715.
2. Boateng A.A. Rotary Kilns. Elsevier Inc. Publ., 2015. 390 p.
3. Fedorenko M.A., Bondarenko Yu.A., Sanina T.M., Markova O.V. Method of installation of a kiln or drying drums on the axis of rotation [Sposob ustanovki obzhigovoy pechi ili syshilnyh barabanov na osjvrasheniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 5. Pp. 110-112. (rus)
4. Universal embedded machine UVS-01 / Federal catalogue of high-tech equipment and objects of scientific potential of Russia. Access mode: URL: <https://katalog-np.rf/project/281>. (rus)
5. Srubchenko I.V., Murygina L.V., Rybalko Y.V. Machine for processing of tires. Patent RF, no. 2012121121, 2012. (rus)
6. Sanin S.N., Bondarenko V.N., Pogonin A.A. Witness the caliper. Patent RF, no. 2006120063, 2006. (rus)
7. Murygina L.V., Rybalko Y.V., Chernyaev A.S. The machine for processing of bandages and rollers. Patent RF, no. 2011151348, 2011. (rus)
8. Sanin S.N., Onikienko D. A. Development of the concept of a mobile stand for mechanical processing of bandages of rotating furnaces based on the end surface and the hole [Razrabotka koncepcii mobilnogo stenda dly mehanicheskoy obrabotki bandajei vrashayushihsysa pechei s bazirovaniem po torzevoi poverhnosti i otverstiyu]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 2. Pp. 104-109. (rus)

9. Maslova I.V., Chetverikov B.S. Definition of distortions of the form of large-sized details on the analysis of projection of the correct geometrical figure on a curvilinear surface [Opredelenie iskazheniy formy krupnogabaritnykh detalei po analizu proekzii pravilnoy geometricheskoi figury na krivolineynuyu poverhnost']. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2017. No. 6. Pp. 135–140. (rus)

10. Khurtasenko A.V., Shrubchenko I.V., Timofeev S. P. Method of determining the shape of the outer surface of rolling supports process [Metodika opredeleniya formy naruzhnoi poverhnosti kacheniya opor tehnologicheskikh]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2015. No. 3. Pp. 85–89. (rus)

11. Vijayan S.N., Sendhilkumar S. Industrial Applications of Rotary Kiln in Various Sectors - A Review. International Journal of engineering Innovation&Research. 2014. Vol 3. Pp. 342–345. (rus)

12. Khurtasenko A.V., Timofeev S.P., Shrubchenko I.V., Voronkova M. N., Grinek A.V. Measuring device for determining the shape of the surfaces of large-sized parts-bodies of rotation. Patent RF, no. 2015152710, 2015. (rus)

13. Timofeev S.P., Khurtasenko A.V., Shrubchenko I.V., Voronkova M.N. Measuring device for determining the geometric parameters of the surface shape of large parts. Patent RF, no. 2017133931, 2017. (rus)

14. Timofeev S.P., Khurtasenko A.V., Shrubchenko I.V. Method of measuring the shape of the outer surface of large-sized parts-bodies of rotation of supports of technological drums [Metodika izmereniya formi naruzhnoi poverhnosti krupnogabaritnykh detalei – tel vrasheniya opor tehnologicheskikh barabanov]. Bulletin of Irkutsk state technical University. 2016. Vol. 20. No. 9. Pp. 35–45. (rus)

Information about the authors

Timofeev, Sergey P. Engineer, designer. E-mail: Timofeevsp@inbox.ru. LLC "Promagro". Russia, 309295, Belgorod region, Shebekino, Rzhevskoe highway, 370 A.

Lesunov, Maxim E. Computer software developer. E-mail: maxlesunow@gmail.com. IE Lesunov Maxim Egorovich. Belgorod region, Krasnensky district, the village of Gotovie, st. Molodezhnaya, house 20.

Hurtasenko, Andrey V. PhD, Assistant professor. E-mail: hurtintbel@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Maslova, Irina V. PhD, Assistant professor. E-mail: iren_mas@list.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in Desember 2019

Для цитирования:

Тимофеев С.П., Лесунов М.Е., Хуртасенко А.В., Маслова И.В. Методика и программное обеспечение для расчета погрешности формы цилиндрических поверхностей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 151–161. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-151-161

For citation:

Timofeev S.P., Lesunov M.E., Khurtasenko A.V., Maslova I.V. The methodology and software for calculating the error of cylindrical surfaces. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 6–161. DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-151-161

DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-12-162-169

Данилов А.В.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Россия, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, дом 5, с. 1

E-mail: 157304@rambler.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «КОНЕЧНОГО ПОВОРОТА И СМЕЩЕНИЯ» В УПРАВЛЕНИИ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННОЙ

Аннотация. Рассматривается применение метода «конечного поворота и смещения» (МКПС) в нахождении желаемых значений обобщенных координат для системы управления параболической антенной. Для управления параболической антенной используется специальный манипулятор последовательной структуры, обладающий достаточной жесткостью для удержания антенны. Жесткость данного манипулятора обеспечивается применением звеньев в виде шаровидных оболочек и подшипников, расположенных по периметру каждой оболочки в плоскости вращения каждого звена. Это позволяет оптимальным образом разместить материал конструкции манипулятора и получить достаточную жесткость при минимальном весе. Манипулятор представляет собой четыре звена, связанных кинематическими парами пятого класса с произвольным наклоном осей. Для данной задачи важна ориентация антенны без учета малого смещения её положения при ориентации. Метод МКПС обеспечивает и ориентацию, и положение. Основан на определении точных и оптимальных итерационных шагов для каждой степени подвижности, обеспечивающих максимальное приближение к заданным параметрам ориентации параболической антенны. По алгоритму метода разработано программное обеспечение, состоящее из подпрограмм для организации общего решения обратной задачи кинематики для произвольного числа звеньев и частного, для конкретного манипулятора в виде исходных данных. Исходными данными являются векторная модель манипулятора, значения конструктивных ограничений обобщенных координат и признаки кинематических пар по виду и по классу.

Ключевые слова: метод «конечного поворота и смещения», манипулятор, обратная задача кинематики, параболическая антенна.

Введение. В настоящее время для организации автоматических операций во всех отраслях промышленности и военного дела используют манипуляционные роботы, способные быстро и точно решать поставленные задачи. Для таких манипуляционных роботов используется управление конечным звеном. Для организации такого управления необходимо находить желаемые значения обобщенных координат, удовлетворяющие заданному положению и ориентации конечного звена. Это достигается решением обратной задачи кинематики (ОЗК). В статье рассматривается применение метода «конечного поворота и смещения» (МКПС) в составе системы управления ориентацией параболической антенны с помощью четырехстепенного манипулятора последовательной структуры с кинематическими парами пятого класса с произвольной ориентацией осей. Звенья манипулятора представляют собой шаровидные оболочки, связанные подшипниками по периметру оболочек. Такая конструкция звеньев обеспечивает максимальную жесткость манипулятора при минимальном весе. Подобная конструкция с тремя степенями подвижности представлена в патенте [1]. Безусловно, для такой задачи возможно применение аналитического метода, но как показывает практика, разработка

аналитического метода представляется достаточно сложной задачей и увеличивает время для проектирования аналогичных изделий.

Из всех популярных на сегодняшний день методов решения ОЗК, а именно: FABRIK [2, 3], Cyclic Coordinate Descent (CCD) [4, 5, 6], Jacobian Transpose [7, 8], Jacobian DLS [9, 10], Jacobian SVD-DLS [11, 12], FTL [13], Триангуляция [14], метод МКПС не уступает самому быстрому эвристическому методу FABRIK и имеет более естественную настройку для конкретного манипулятора [15, 16].

Аналогичную конструкцию манипулятора можно использовать для других целей, где важна ориентация и достаточная жесткость конструкции. Примером возможного использования аналогичной конструкции является система слежения за солнцем в гелиоэнергетических установках. Можно в разработке конструкции звеньев использовать схему академика В.Г. Шухова и получить звенья в виде однополостных гиперболоидов, обладающих максимальной удельной прочностью.

Описание конструкции манипулятора. Каждое звено манипулятора образовано шаровидной оболочкой, срезанной в двух местах плоскостью. Первой плоскостью срезана нижняя часть оболочки, а второй – верхняя часть под углом 30° к

первой плоскости. Первые три звена манипулятора подобны и различаются только коэффициентом масштаба, который равен 0, (8). Коэффициент масштаба выбран из условий равной прочности звеньев манипуляционной цепи согласно эпюрам изгибающих моментов от сил веса параболической антенны и ветровой нагрузки на неё. В нижней части каждого звена по периметру оболочки в плоскости нижнего среза установлен

подшипник, позволяющий закрепить первое звено к основанию и каждое последующее к предыдущему звену и иметь возможность менять угловое положение звеньев относительно друг друга. Конечным звеном манипулятора является параболическая антенна, которая также посредством подшипника закрепляется к предпоследнему звену. Схема конструкции манипулятора в составе основания показана на рисунке 1.

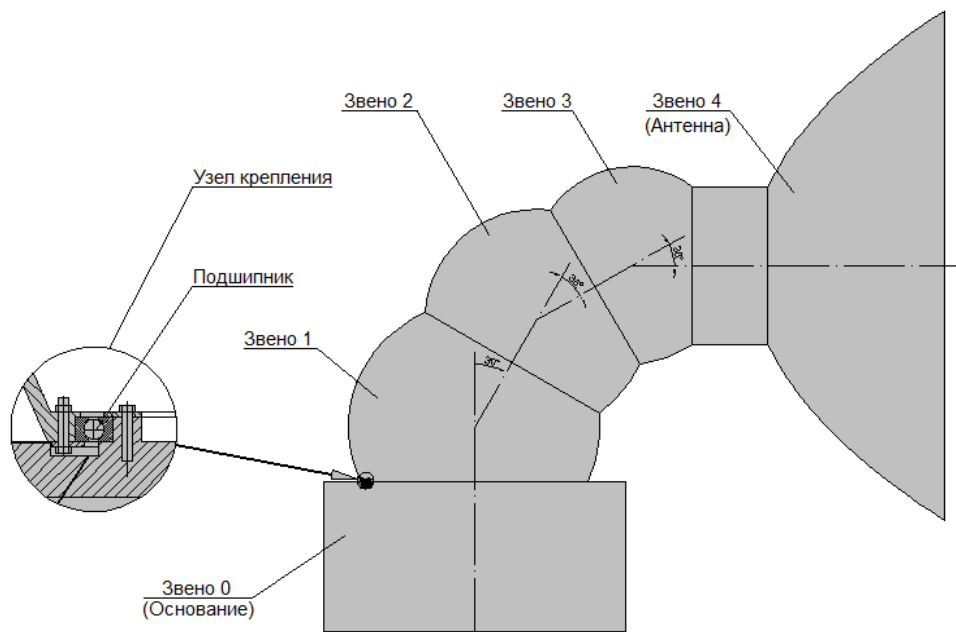


Рис. 1. Схема манипулятора с основанием.

Для передачи электрической энергии к приводам звеньев и антенны в сочленениях звеньев используются кольцевые контакты, исключающие конструктивные ограничения углов поворота звеньев относительно друг друга. Все сочленения шарнирные и относятся к пятому классу.

Краткое описание метода. Метод «конечного поворота и смещения» (МКПС) геометрический. С помощью вспомогательных векторов и теорем, изложенных в [15,16] относительно шарнира/призмы, определяется однозначное и оптимальное значение поворота/смещения каждого звена, являющегося итерационным шагом метода, в соответствии с условием максимального приближения к заданным параметрам положения и ориентации конечного звена. При выполнении условия по точности положения и ориентации конечного звена (антенны) сумма итерационных шагов по каждой степени подвижности является решением ОЗК и соответствует желаемым значениям обобщенных координат для системы управления параболической антенной.

Подготовка к решению ОЗК. Для решения ОЗК методом МКПС необходимо построить векторную математическую модель манипулятора. Для этого в декартовой системе XYZ нулевого

звена строятся звенья и оси шарниров в виде векторов. В качестве осей шарниров используются единичные векторы $\vec{e}_i$, где $i = 1, \dots, 4$. В качестве звеньев манипулятора используются векторы $\vec{M}_i$, равные длинам звеньев и совпадающие с их осями. Для рассматриваемого манипулятора длина векторов $\vec{M}_i$ определяется точками пересечения осевых линий звеньев. Векторная математическая модель манипулятора, представленного на рисунке 1, показана на рисунке 2.

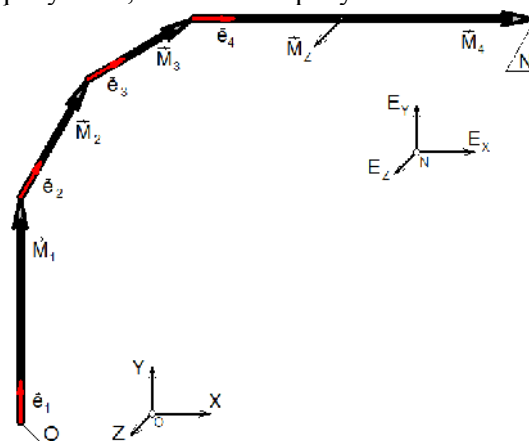


Рис. 2. Векторная математическая модель манипулятора

Точка N является характерной точкой антенны, которая обозначает положение антенны, а оси правой системы координат $E_x E_y E_z$ образуют заданную ориентацию антенны. $\vec{M}_4$ и $\vec{M}_z$ – векторы, указывающие текущую ориентацию конечного звена, $\vec{E}_x$ и $\vec{E}_z$ – векторы, совпадающие с одноименными осями, – заданную ориентацию конечного звена. Признаки кинематических пар по виду задаются в одномерном массиве $p(k)$, где k принимает значения 1 для шарнира и 0 для призмы в порядке очередности звеньев. Для рассматриваемого манипулятора массив p записывается следующим образом: $p(1, 1, 1, 1)$.

Для визуализации движения звеньев манипулятора при решении ОЗК разработана модель манипулятора, показанная на рисунке 3.

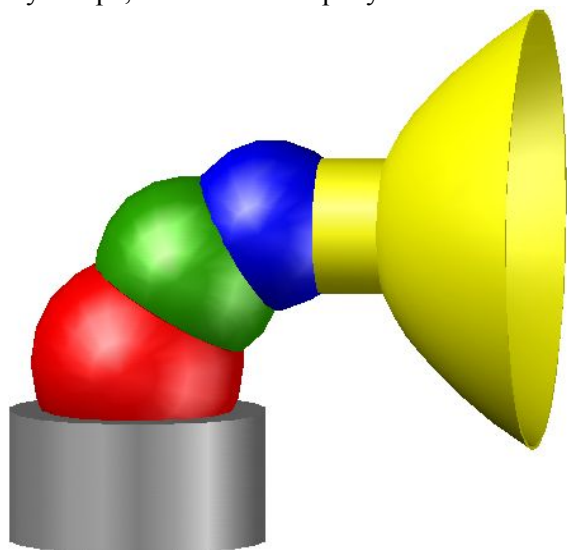


Рис. 3. Модель манипулятора

Результаты решения ОЗК. Для решения ОЗК необходимо задать начальные параметры звеньев манипулятора и конечные для ориентации параболической антенны. Начальные координаты положения соответствуют координатам характерной точки антенны: N (1,86897; 1,46496; 0). Начальные координаты ориентации соответствуют обобщенным координатам звеньев и имеют следующие значения: $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 0^\circ$, $\theta_3 = 0^\circ$, $\theta_4 = 0^\circ$. Для заданных начальных значений матрица ориентации антенны имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Конечное положение и ориентацию параболической антенны зададим с помощью углов Эйлера-Крылова: $\varphi = 210^\circ$, $\psi = 70^\circ$, $\theta = 190^\circ$, где φ , ψ , θ – углы курса, дифферента и крена антенны соответственно относительно осей Y, Z, X. Для заданных конечных значений матрица ориентации имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} -0,296198 & -0,714610 & 0,633718 \\ 0,939693 & -0,336824 & 0,059391 \\ 0,171010 & 0,613092 & 0,771281 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Матрица ориентации антенны после решения ОЗК имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} -0,296184 & -0,714601 & 0,633735 \\ 0,939686 & -0,336853 & 0,059339 \\ 0,171072 & 0,613087 & 0,771271 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Углы Эйлера-Крылова и координаты положения соответственно: $\varphi = 210,01^\circ$; $\psi = 69,9988^\circ$; $\theta = 189,99^\circ$ и N (–0,86294; 2,71814; 0,0416437).

Результаты решения ОЗК приведены в матрице ориентации (2), в таблице 1 и на рисунках 4 и 5. На рисунке 4 приведены графики изменения обобщенных координат в зависимости от числа макроитераций, а на рисунке 5 – графики обобщенных координат в зависимости от числа итераций. Макроитерацией называется число итераций по одному из критериев решения ОЗК. В нашем случае – по двум углам ориентации антенны относительно оси X и оси Z, так как для данной задачи требуется решение только по ориентации. Итерацией называется конечный поворот/смещение согласно теоремам в [15].

Если сравнить заданную матрицу (1) и полученную после решения ОЗК (2), то можно убедиться в высокой точности метода. Время решения ОЗК равно 11 мс. Данная оценка времени решения ОЗК проводилась на микроконтроллере STM32F407VGT6 при тактовой частоте ядра ARM Cortex-M4 равной 144 МГц. ОЗК решалась для заданной точности $\varepsilon_{\text{зад}} = 0,0001$ по каждому параметру, что соответствует 0,1 мм по положению и 21 секунде по ориентации.

Таблица 1

Значения обобщенных координат

№ кинематич. пары	Обозначение, размерность	Значения обобщенных координат, град		
		Начальное положение	После решения ОЗК	Приращение Δq
1	Θ_1 , град	0	136,811	136,811
2	Θ_2 , град	0	77,547	77,547
3	Θ_3 , град	0	116,931	116,931
4	Θ_4 , град	0	56,507	56,507

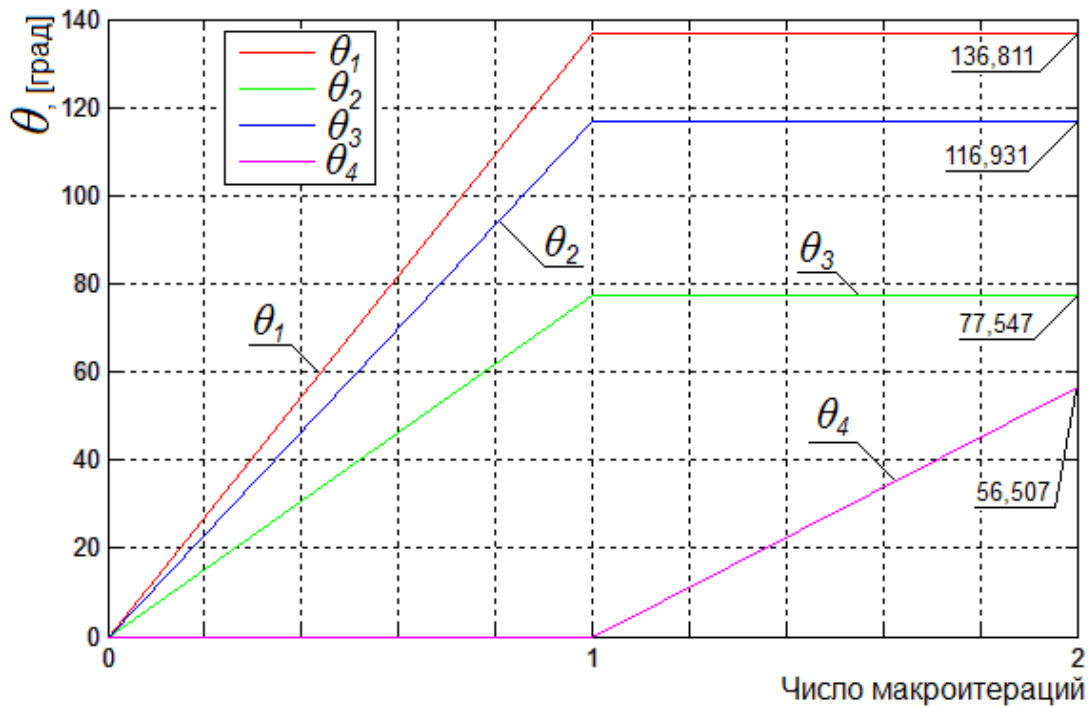


Рис. 4. Графики изменения обобщенных координат от числа макроитераций

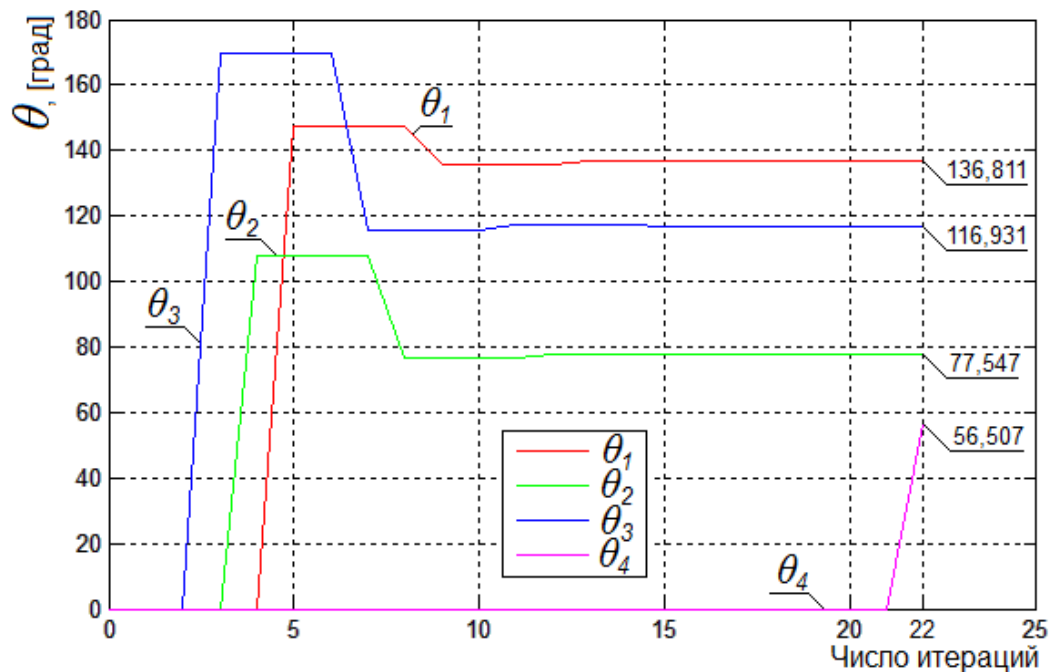


Рис. 5. Графики изменения обобщенных координат от числа итераций

Моделирование движения по траектории.

Для организации моделирования траекторного движения манипулятора необходимо задать начальные значения ориентации антенны с помощью углов Эйлера-Крылова: $\varphi = 0^\circ$, $\psi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ$. Это соответствует нулевым значениям обобщенных координат звеньев: $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 0^\circ$, $\theta_3 = 0^\circ$, $\theta_4 = 0^\circ$.

Моделирование траекторного движения можно осуществлять от рукоятки управления, программным заданием законов изменения ориентации антенны и любым другим способом. В

данном случае используется способ программного задания траектории движения. Осуществляется он заданием трех уравнений изменения углов Эйлера-Крылова по формулам: $\varphi = \varphi_0 + 0,05t$, $\psi = \psi_0 + 0,05t$, $\theta = \theta_0 + 0,05t$, где t – время. Полученные траектории в виде графиков изменения обобщенных координат звеньев манипулятора показаны на рисунке 6.

Для представленной траектории движения записан файл визуализации движения модели манипулятора, представленный в [17].

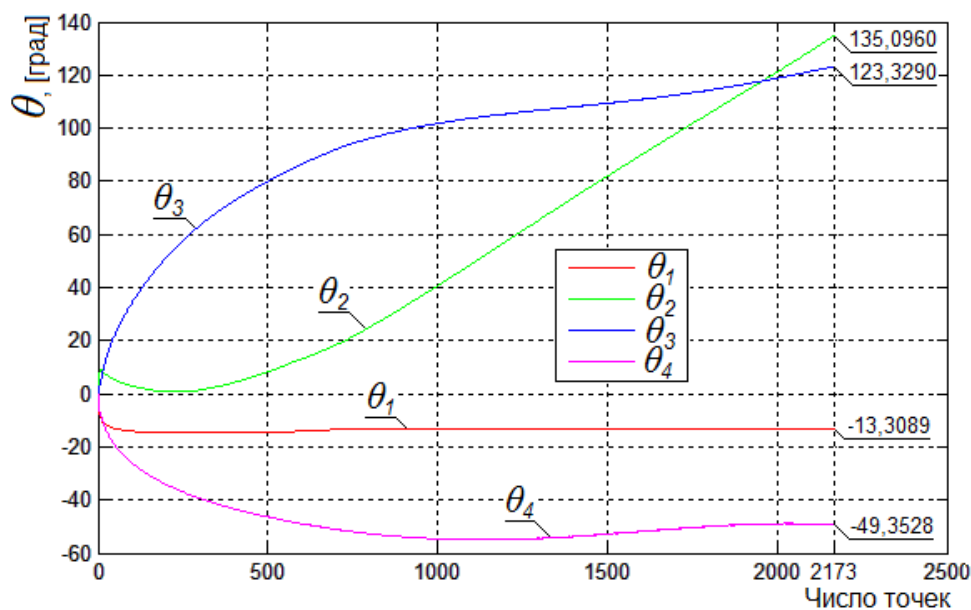


Рис. 6. Графики обобщенных координат при траекторном движении

Сингулярные точки. У рассматриваемого манипулятора сингулярные точки в рабочей зоне проявляют себя как «мертвые» точки. По аналогии с кривошипно-шатунным механизмом, при одном лишь отличии, в этих точках невозможно угловое движение по изменению ориентации антенны строго в плоскости дифферента. Если зве-

нья манипулятора обозначить указателями вращения, показанными на рисунке 7, то видно, что конфигурации звеньев манипулятора в «мертвых» точках образуются в случае одновременного совпадения направлений указателей с плоскостью дифферента.

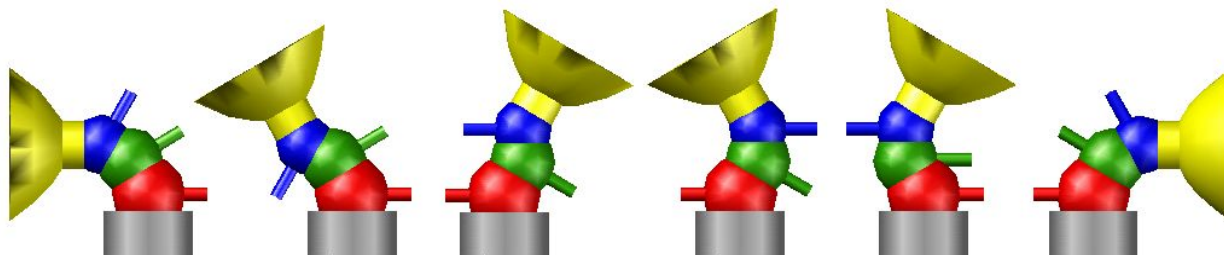


Рис. 7. Конфигурации звеньев манипулятора в «мертвых» точках

Из рисунка 7 видно, что число «мертвых» точек равно шести и они соответствуют углам дифферента антенны, указанным в таблице 2. Если манипулятор поворачивать по курсу относительно вектора $\vec{e}_1$, согласно векторной модели, то

в плоскостях параллельных плоскости XZ получим шесть окружностей, состоящих из «мертвых» точек.

Таблица 2

Сингулярные точки «мертвого» типа.

	Сингулярные точки в плоскости дифферента					
Положение указателей						
Угол дифферента	0	60	120	180	120	60

Чтобы при управлении антенной не попадать в «мертвые» точки, в методе МКПС предусмотрен автоматический обход таких точек. Индикатором попадания в «мертвую» точку в методе являются условия компланарности или коллинеар-

ности соответствующих векторов согласно теоремам в [15] и алгоритму в [16] для всех звеньев одновременно. Это условие соответствует нулевым значениям итерационных шагов для всех звеньев. В этом случае обход «мертвых» точек происходит посредством изменения обобщенных

координат на заданные малые углы, что соответствует малому изменению конфигурации звеньев манипулятора в этих точках. При подсчете обобщенных координат, также учитываются заданные малые углы, используемые для выхода из «мертвых» точек. Окончательную формулу для итерационного процесса нахождения обобщенной координаты для i -ого звена q_i можно записать в виде линейной комбинации $q_i = q_{i0} + \sum \Delta q_i + \sum \delta q_i$, где $i = 1, \dots, n$, n – число звеньев манипулятора, q_{i0} – начальное значение обобщенной координаты, Δq_i – приращения к i -й обобщенной координате равные итерационным шагам согласно теоремам в [15], $\delta q_i > \varepsilon_{\text{зад}}$ – заданное малое значение угла для обхода «мертвых» точек и $\varepsilon_{\text{зад}}$ – заданная точность определения обобщенных координат для звеньев манипулятора. Суммирование в первом случае происходит по числу итераций, а во втором случае по числу «мертвых» точек, встретившихся на пути движения манипулятора.

Выводы. В работе рассмотрено применение метода «конечного поворота и смещения» для получения желаемых значений обобщенных координат звеньев манипулятора для системы управления при управлении ориентацией параболической антенны посредством решения ОЗК.

Показано траекторное движение манипулятора с антенной и прохождение манипулятора через сингулярные точки.

Дана оценка времени решения ОЗК.

По алгоритму метода разработано общее программное обеспечение решения ОЗК для произвольного числа звеньев манипулятора, связанных кинематическими парами пятого класса с произвольным направлением осей в виде динамически подключаемой библиотеки, содержащей необходимые подпрограммы для организации решения ОЗК, и частное для конкретного манипулятора в виде исходных данных.

Исходными данными для метода являются векторная модель манипулятора, значения конструктивных ограничений обобщенных координат и признаки, отображающие свойства кинематических пар по виду и по классам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ 95110669/28, 1993.09.03 Вассен Вильгельмус Мари Херманус, Гроененбоом Альберт Устройство для трехмерного ориентирования объекта // Патент России №2107863. 1998.
https://yandex.ru/patents/doc/RU2107863C1_19980327
2. Aristidou A., Lasenby J. FABRIK: A fast, iterative solver for the Inverse Kinematics problem // Graphical Models. 2011. Vol. 73. Iss. 5. Pp. 243–260. doi: 10.1016/j.gmod.2011.05.003
3. Aristidou A., Lasenby J. Inverse Kinematics: a review of existing techniques and introduction of a new fast iterative solver. Cambridge University Engineering Department (CUEDF-INFENG, TR-632). 2009. 60 p.
4. Canutescu A.A., Dunbrack Jr. R.L. Cyclic coordinate descent: A robotics algorithm for protein loop closure // Protein Science. 2003. Vol. 12, Iss. 5. Pp. 963–972. doi: 10.1110/ps.0242703
5. Wang L.-C.T., Chen C.C. A combined optimization method for solving the inverse kinematics problems of mechanical manipulators // IEEE Transactions on Robotics and Automation. 1991. Vol. 7 (4). Pp. 489–499. doi: 10.1109/70.86079
6. Welman C. Inverse kinematics and geometric constraints for articulated figure manipulation. Master Dissertation, Simon Fraser University, Department of Computer Science, 1993. 77 p.
7. Balestrino A., De Maria G., Sciavicco L. Robust control of robotic manipulators // IFAC Proceedings Series. 1985. Pp. 2435–2440.
8. Wolovich W.A., Elliott H. A computational technique for inverse kinematics // Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control. 1984, Pp. 1359–1363.
9. Orin D., Schrader W. Efficient computation of the jacobian for robot manipulators // The International Journal of Robotics Research. 1984. Vol. 3, Iss. 4. Pp. 66–75. doi: 10.1177/027836498400300404
10. Wampler C. Manipulator inverse kinematic solutions based on vector formulations and damped least-squares methods // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1986. Vol. 16, Iss. 1, Pp. 93–101. doi: 10.1109/TSMC.1986.289285
11. Baillieul J. Kinematic programming alternatives for redundant manipulators // Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation. 1985. 1087234. Pp. 722–728. doi: 10.1109/ROBOT.1985.1087234
12. Buss S. Selectively damped least squares for inverse kinematics // Journal of Graphics Tools. 2005. Vol. 10(3). Pp. 37–49. DOI: 10.1080/2151237X.2005.10129202
13. Brown J., Latombe J.-C., Montgomery K. Realtime knot-tying simulation // The Visual Computer: International J. of Computer Graphics. 2004. Vol. 20 (2). P. 165–179.
14. Müller-Cajar R., Mukundan R. Triangulation: A new algorithm for inverse kinematics. Proceedings of Image and Vision Computing. 2007, December, Hamilton, New Zealand. Hamilton, 2007, Pp. 181–186. <http://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/743>, Date of the application 01.02.2016.

15. Данилов А.В., Кропотов А.Н., Трифонов О.В. Общий подход к решению обратной задачи кинематики для манипулятора последовательной структуры с помощью конечного поворота и смещения // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2018. № 81. Режим доступа: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-81> (дата обращения: 20.02.2019)

16. Данилов А.В., Кропотов А.Н., Трифонов О.В. Применение метода конечного поворота и смещения для манипулятора последовательной

структуры с кинематическими парами пятого класса // Препринты ИПМ им. Келдыша. 2018. № 107. Режим доступа: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-107> (дата обращения: 20.02.2019)

17. Данилов А.В. Видеофайлы. Визуализация траекторного движения модели манипулятора с параболической антенной. [Электронный ресурс] Режим доступа: www.sasha-dan.ru/antenna.html (дата обращения: 01.10.2019)

Информация об авторах

Данилов Александр Владимирович, младший научный сотрудник НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 157304@rambler.ru. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). Россия, 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, дом 5, с. 1.

Поступила в декабре 2019 г.

© Данилов А.В., 2019

Danilov A.V.

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman
Russia, 105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5/1.
E-mail: 157304@rambler.ru

APPLICATION OF THE «FINITE ROTATION AND DISPLACEMENT» METHOD TO CONTROL THE PARABOLIC ANTENNA

Abstract. The article deals with the application of the "finite rotation and displacement" method (FRDM) which can find the desired values of the generalized coordinates for the control system of a parabolic antenna. The special manipulator of a sequential structure with sufficient rigidity is used to control the parabolic antenna. The rigidity of this manipulator is ensured by use of links in the form of spherical shells and bearings located along the perimeter of each shell in the rotation plane of each link. It allows to optimally place the material of the manipulator's design and to obtain sufficient rigidity with minimal weight. The manipulator consists of four links connected by fifth class kinematic pairs with an arbitrary inclination of the axes. For this task the antenna's orientation is important without taking into account the small displacement of its position during the process of its orientation. The FRDM method provides both orientation and position. It is based on determining the precise and optimal iterative steps for each degree of mobility, providing maximum approximation to the specified orientation parameters of the parabolic antenna. According to the method's algorithm, the software is developed consisting of subprograms for organizing a general solution of the inverse kinematics for an arbitrary number of links and a particular one for a manipulator in the form of source data. The initial data are the vector model of the manipulator, the values of the structural constraints of the generalized coordinates, and the characteristics of kinematic pairs by type and class.

Keywords: "finite rotation and displacement" method, manipulator, inverse kinematics, parabolic antenna.

REFERENCES

1. Patent RF 95110669/28, 1993.09.03 Vaassen Vil'gel'mus Mari Hermanus, Groenenboom Al'bert Ustrojstvo dlya trekhmernogo orientirovaniya ob'ekta. Patent Rossii No. 2107863. 1998.
2. Aristidou A., Lasenby J. FABRIK: A fast, iterative solver for the Inverse Kinematics problem. Graphical Models. 2011. Vol. 73. Iss. 5. Pp. 243–260. doi: 10.1016/j.gmod.2011.05.003
3. Aristidou A., Lasenby J. Inverse Kinematics: a review of existing techniques and introduction of a new fast iterative solver.

Cambridge University Engineering Department (CUEDF-INFENG, TR-632). 2009. 60 p.

4. Canutescu A.A., Dunbrack Jr. R.L. Cyclic coordinate descent: A robotics algorithm for protein loop closure. Protein Science. 2003. Vol. 12, Iss. 5. Pp. 963–972. doi: 10.1110/ps.0242703
5. Wang L.-C.T., Chen C.C. A combined optimization method for solving the inverse kinematics problems of mechanical manipulators. IEEE Transactions on Robotics and Automation. 1991. Vol. 7 (4). Pp. 489–499. doi: 10.1109/70.86079
6. Welman C. Inverse kinematics and

geometric constraints for articulated figure manipulation. Master Dissertation, Simon Fraser University, Department of Computer Science, 1993. 77 p.

7. Balestrino A., De Maria G., Sciavicco L. Robust control of robotic manipulators. IFAC Proceedings Series. 1985. Pp. 2435–2440.

8. Wolovich W.A., Elliott H. A computational technique for inverse kinematics. Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control. 1984, Pp. 1359–1363.

9. Orin D., Schrader W. Efficient computation of the jacobian for robot manipulators. The International Journal of Robotics Research. 1984. Vol. 3, Iss. 4. Pp. 66–75. doi: 10.1177/027836498400300404

10. Wampler C. Manipulator inverse kinematic solutions based on vector formulations and damped least-squares methods. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1986. Vol. 16, Iss. 1, Pp. 93–101. doi: 10.1109/TSMC.1986.289285

11. Baillieul J. Kinematic programming alternatives for redundant manipulators. Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation. 1985. 1087234. Pp. 722–728. doi: 10.1109/ROBOT.1985.1087234

12. Buss S. Selectively damped least squares for inverse kinematics. Journal of Graphics Tools. 2005. Vol. 10(3). Pp. 37–49. DOI: 10.1080/2151237X.2005.10129202

13. Brown J., Latombe J.-C., Montgomery K. Realtime knot-tying simulation. The Visual Computer: International J. of Computer Graphics. 2004. Vol. 20 (2). Pp. 165–179.

14. Müller-Cajar R., Mukundan R. Triangulation: A new algorithm for inverse kinematics. Proceedings of Image and Vision Computing. 2007, December, Hamilton, New Zealand. Hamilton, 2007, Pp. 181–186. Режим доступа:

<http://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/743>, Дата обращения 01.02.2016.

15. Danilov A.V., Kropotov A.N., Trifonov O.V. Obshchij podhod k resheniyu obratnoj zadachi kinematiki dlya manipulyatora posledovatel'noj struktury s pomoshch'yu konechnogo povorota i smeshcheniya [A general approach to solving the inverse kinematics problem for a serial structure manipulator using finite rotation and displacement]. Preprinty IPM im. Keldysha. 2018. No. 81. Access mode:

<http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-81> (date of access: 02.20.2019). (rus)

16. Danilov A.V., Kropotov A.N., Trifonov O.V. Application of the finite rotation and displacement method for a sequential-structure manipulator with kinematic pairs of the fifth class [Primenenie metoda konechnogo povorota i smeshcheniya dlya manipulyatora posledovatel'noj struktury s kinematicheskimi parami pyatogo klassa]. Preprinty IPM im. Keldysha. 2018. No. 107. Access mode:

<http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-107> (date of access: 02.20.2019). (rus)

17. Danilov A.V. Videofajly. Vizualizaciya traektorного dvizheniya modeli manipulyatora s parabolicheskoy antennoj. Rezhim dostupa: www.sasha-dan.ru/antenna.html (data obrashcheniya: 01.10.2019)

Information about the authors

Danilov, Alexander V. Junior Researcher. E-mail: 157304@rambler.ru. Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Russia, 2-ya, 5/1 Baumanskaya str., Moscow Postcode, 105005, Russia.

Received in Desember 2019

Для цитирования:

Данилов А.В. Применение метода «конечного поворота и смещения» в управлении параболической антенной // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 162–169. DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-12-162-169

For citation:

Danilov A.V. Application of the «Finite rotation and displacement» method to control the parabolic antenna. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 12. Pp. 162–169. DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-12-162-169

Научное издание

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 12, 2019 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 №ФС77-26533

Подписано в печать 14.01.2020. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 19,65. Уч.-изд. л. 21,13
Тираж 40 экз. Заказ 225. 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