

Научно-теоретический журнал
ВЕСТНИК

БГТУ им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

3

2021

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

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

№ 3, 2021 год

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

Vol. 3. 2021

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

научно-теоретический журнал

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

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

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

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

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

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).

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

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

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

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

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

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

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

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).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Смоляго Геннадий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры строительства и городского 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).

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

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

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Margarita V. Per'kova, Doctor of Architecture, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В., Махмудов А.М.

ВЛИЯНИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА МИКРОСТРУКТУРЫ ГИДРАТНЫХ
ФАЗ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

8

Логанина В.И., Фролов М.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ШТУКАТУРНЫХ
ПОКРЫТИЙ И ФАСАДНЫХ КРАСОК НА ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ
В СТЕНАХ ИЗ ГАЗОБЕТОНА

19

Усиков С.М., Старикова Т.С.

ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНТУРА ПОКВАРТИРНОЙ
СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

27

Тиرون О.В., Логачев К.И.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ ТЕЧЕНИЙ ВБЛИЗИ
МЕСТНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОТСОСА ОТ СВЕРЛИЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

36

Монастырская М.Е., Песляк О.А.

СПЕЦИФИКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ КРУПНЫХ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СКАНДИНАВСКИХ СТРАНАХ.
ЧАСТЬ II: ПАРИТЕТНОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В НОРВЕГИИ

47

Михайлова И.Д., Перькова М.В., Чечель И.Н.

КОНФЛИКТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ АНАЛИЗЕ
ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ДОМУ КУЛЬТУРЫ
(НА ПРИМЕРЕ ДК «ЮБИЛЕЙНЫЙ» В Г. БЕЛГОРОДЕ)

64

Астанин Д.М.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА

74

Шуваева Е.Ю.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДАЛЬНИХ УСАДЕБ ВЫСШЕЙ ЗНАТИ
НА ТЕРРИТОРИИ ЯМБУРГСКОГО УЕЗДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ГУБЕРНИИ

87

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**Бессмертный В.С., Бондаренко М.А., Пучка О.В., Черкасов А.В., Изотова И.А.,
Брагина В.С., Платов Ю.Т., Брагина Л.Л.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГИДРАТАЦИИ КОЛЕМАНИТА В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ

97

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Гетьман Ю.А., Погонин А.А., Бондаренко Ю.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ
КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БАРАБАННОЙ ПЕЧИ И ОПОРНЫХ
РОЛИКОВ В ANSYSMECHANICAL

107

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Trofimov B.Y., Shuldyakov K.V., Makhmudov A.M.

INFLUENCE OF MICROSTRUCTURE OF HYDRATE PHASES OF CEMENT STONE ON CONCRETE DURABILITY

8

Loganina V.I., Frolov M.V.

STUDY OF JOINT INFLUENCE OF PLASTER COATINGS AND FACADE PAINTS ON HUMIDITY IN GAS CONCRETE WALLS

19

Usykov S.M., Starikova T.S.

EVALUATION OF HYDRAULIC CONTROL OF THE CIRCUIT OF INDIVIDUAL SYSTEM OF HEATING

27

Tiron O.V., Logachev K.I.

NUMERICAL SIMULATION OF DUST-AIR FLOWS NEAR THE LOCAL VENTILATION EXTRACTION FROM DRILLING EQUIPMENT

36

Mikhailova I.D., Perkova M. V., Chechel I.N.

CONFLICTOLOGICAL APPROACH IN THE ANALYSIS OF THE TERRITORY, ADJACENT TO CULTURAL CENTER (ON THE EXAMPLE OF CULTURAL CENTER "YUBILEYNY" IN BELGOROD)

47

Astanin D.M.

INFORMATION MODEL OF THE ECOTOURISM TERRITORY OF THE CENTRAL PART IN THE EASTERN SAYAN

64

Shuvaeva E.Y.

SPECIFIC FEATURES OF ORGANIZATION DISTANT COUNTRY ESTATES OF HIGH SOCIETY ON THE TERRITORY OF YAMBURGSKY UYEZD IN SAINT PETERSBURG DISTRICT

87

CHEMICAL TECHNOLOGY

Bessmertniy V.S., Bondarenko M.A., Puchka O.V., Cherkasov A.V., Izotova I.A., Bragina V.S., Platov Yu. T., Bragina L.L.

THE STUDY OF DEHYDRATION OF COLEMANITE IN NON-ISOTHERMAL CONDITIONS

97

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Getman Y.A., Pogonin A.A., Bondarenko Yu.A.

STUDY OF THE TRANSITION PROCESS OF OPERATION IN THE CONTACT INTERACTION OF THE ROTARY KILN AND THE SUPPORT ROLLERS IN ANSYSMECHANICAL

107

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-8-18

Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В., *Махмудов А.М.
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
*E-mail: azamsho.89@mail.ru

ВЛИЯНИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ БЕТОНА МИКРОСТРУКТУРЫ ГИДРАТНЫХ ФАЗ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Аннотация. Одной из основных проблем современного бетоноведения считается низкая долговечность железобетонных конструкций и сооружений, особенно эксплуатируемых в суровых климатических условиях и насыщенных морской или минерализованной водой. Существующие нормативы ориентируют проектировщиков и строителей на повышение плотности бетона с увеличением степени агрессивного воздействия, а также при циклическом замораживании бетона конструкций, принятом как основной показатель долговечности, обязательным является воздуховождение. Проблемой является не только обеспечение высокой морозостойкости бетона, но и способ её контроля, который осуществляется, как правило, достаточно длительное время. Разрушение бетона при циклическом замораживании происходит не только вследствие образования льда в порах бетона, но и в результате температурных напряжений в бетоне со льдом, а также вследствие вымывания портландита и старения цементного геля – основного структурного элемента цементного камня. Значит, долговечность бетона можно обеспечить, сохранив тонкодисперсную структуру цементного камня, предотвращая кристаллизацию геля вследствие внешних воздействий или повышения его основности. Показано, что только водоредуцирование и пуццоланизация, обеспечивающая остаточное содержание портландита в портландцементном камне бетона 2–5 % по массе, обеспечивают достижение повышенной долговечности бетонных, железобетонных конструкций и сооружений. Предлагается способ оценки стабильности гидратных фаз и соотношение между долговечностью и морозостойкостью бетона.

Ключевые слова: структура цементного камня, пуццоланизация, среда эксплуатации, морозостойкость и долговечность бетона.

Введение. Долговечность бетонных, железобетонных конструкций и сооружений зависит от качества бетона и условий среды эксплуатации. В северных регионах наиболее агрессивные условия возникают при действии минерализованной воды и циклического замораживания. На побережье Баренцева моря за полярным кругом температура воздуха зимой может опускаться ниже минус 20 °С, тогда как температура воды благодаря атлантическому течению не падает ниже +3 °С. Таким образом, в зоне приливов и отливов, а также в зоне переменного уровня воды создаются условия для многократного циклического замораживания строительных конструкций, насыщенных минерализованной морской водой. В Урало-Сибирской континентальной зоне суровые условия эксплуатации дорожных, мостовых и других подобных конструкций вызваны действием противогололёдных препаратов и зимних температур до минус 40–50 °С.

По нормативным документам ГОСТ 31384-2017, ГОСТ 26633-2015, EN-197 действующие среды эксплуатации в суровых условиях для бетона конструкций транспортных и гидротехнических сооружений должны быть приняты:

- XD-3 действие хлоридов, кроме морской воды,

- XS-3 действие морской воды в зоне переменного уровня,

- XF-4 переменное замораживание и оттаивание при сильном насыщении растворами солей-антиобледенителей или морской водой.

При этих средах эксплуатации нормативы вводят следующие ограничения по составу и свойствам бетона (табл. 1).

По ГОСТ 26633-2015, ГОСТ 31384-2017, ГОСТ Р 55224-2012 для дорожных покрытий и железобетонных конструкций транспортных сооружений рекомендуется В/Ц не более 0,45, воздуховождение 5–7 %, должны применяться цементы ЦЕМ I, ЦЕМ II/A-III с нормируемыми ограничениями по минералогическому составу клинкера: $C_3A \leq 7 \%$, $C_3A + C_4AF \leq 24 \%$, $C_3S \leq 55 \%$. Для бетона гидротехнических сооружений в наружной зоне и зоне переменного уровня воды рекомендуются сульфатостойкие цементы: ЦЕМ I CC, ЦЕМ II/A-III CC, ЦЕМ II/B-III CC а также ЦЕМ I и ЦЕМ II/A-III с добавкой доменного граншлака до 15 % и нормируемыми ограничениями по минералогическому составу клинкера: $C_3A \leq 7 \%$, $C_3S \leq 60 \%$.

Таким образом, для различных сред эксплуатации с увеличением индекса агрессивности обеспечение долговечности бетона достигается

повышением плотности снижением В/Ц и увеличением класса прочности бетона, а также расхода цемента, применением ограниченного количества типов цемента и нормированием их минералогического состава. Помимо этого, к факторам

долговечности бетона следует также отнести все технологические особенности изготовления бетонных и железобетонных конструкций.

Таблица 1

Рекомендации по составу и свойствам бетонов в зависимости от сред эксплуатации

Среда эксплуатации	XD-3	XS-3	XF-4
В/Ц, не более	0,45	0,45	0,45
Класс В, не менее	45	45	35
Расход цемента, не менее, кг	340	320	340
Воздухововлечение, %, не менее			4
Рекомендуемый вид цемента	ЦЕМ I, ЦЕМ II/A-III, ЦЕМ III/A	ЦЕМ I, ЦЕМ II/A-III, ЦЕМ III/A	ЦЕМ I, ЦЕМ ICC, ЦЕМ II/A-MK

Основным параметром долговечности железобетонных конструкций считается морозостойкость бетона, в ГОСТ 33174-2017 приводятся следующие требования по морозостойкости бетона, насыщенного минерализованной водой, для конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур:

- при температуре эксплуатации ниже -40°C применяется бетон марки F₂₄₅₀,
- при температуре эксплуатации ниже -20 до -40°C применяется бетон марки F₂₃₀₀,
- при температуре эксплуатации ниже -5 до -20°C применяется бетон марки F₂₂₀₀,
- при температуре эксплуатации -5 и выше применяется бетон марки F₂₁₀₀.

В 1986 году были сформулированы требования к высокофункциональным бетонам (High Performance Concrete, HPC), прогнозируемый срок службы железобетонных конструкций из таких бетонов около 500 лет, при этом должны выполняться требования по 11 параметрам качества и проницаемости бетона. Труды по химии цемента и бетона [1–3] показывают, что наиболее прочным и плотным компонентом цементного камня и бетона выступает цементный гидросиликатный гель, который благодаря высоким адгезионным свойствам склеивает все продукты гидратации, наполнители, заполнители и арматуру в единый композит.

В основном влияние на прочность бетона оказывает В/Ц фактор который определяет уровень макропористости и критерии долговечности. Для создания плотной слабокристаллизованной структуры гидратных фаз, обеспечивающих максимальную плотность и прочность бетона, необходимо вводить пуццолановую добавку. Наиболее широко принимаемой пуццолановой добавкой является микрокремнезем кото-

рый повышает водопотребность вяжущего, поэтому вводят микрокремнезем вместе с суперпластификаторами.

Распространенная пуццолановая добавка – зола тепловых электростанций, как зола уноса, как и отвальная. Утилизация золы ТЭС для повышения плотности и прочности бетона позволяет снизить водопотребность смеси и направлено формировать структуру гидратных фаз. Причем в отличие от микрокремнезема зола долгое время влияет на структуру продуктов гидратации.

Профессор Г.И. Горчаков с коллегами [4] одним из первых обратил внимание на зависимость морозостойкости бетона при одинаковых параметрах пористости от структурных особенностей гидратных фаз цементного камня (рис. 1). Максимально допустимая капиллярная пористость бетона необходимой морозостойкости зависит от типа используемого цемента. Морозостойкость бетонов при тепловлажностной обработке значительно снижается. Обычно для обеспечения морозостойкости бетона учитывается только поровое пространство, и меньше внимания уделяется структуре затвердевшего цементного камня [5–7].

Несмотря на многочисленные исследования структура и химический состав C-S-H фазы остаются дискуссионными вследствие коллоидного строения и вариативности состава, зависящего в основном от концентрации ионов Ca^{2+} в поровой жидкости. Морфология этой фазы изменяется как от степени гидратации цемента, так и от продолжительности и условий твердения. Различаются 4 морфологические формы C-S-H фазы: волокнистая, сетчатая, в виде изометрических частиц и сферические конгломераты, относящиеся к внутреннему C-S-H и идентифицируемые под электронным микроскопом как плотный гель [1]. Отношение CaO/SiO_2 может меняться от 0,7 до 2,3 и повышается с увеличением концентрации алюминия, серы, железа, которые заменяют

кремний в структуре C-S-H, магний может частично заменить кальций. Отношение H_2O/CaO зависит от влажности цементного камня и меняется от 2,3–2,5 в водонасыщенном состоянии до 0,8–0,9 в высушенном при 110 °С состоянии.

Предполагается [9], что быстрое появление C-S-H фазы при гидратации алита в портландцементе является следствием адсорбции гидратированных катионов кальция на безводные анион-

ные участки. Сольватированные катионы используются, чтобы сбалансировать отрицательный заряд анионных участков, что вызывает значительное структурное расстройство и слабо кристаллическую природу C-S-H. Первоначально сформированный C-S-H является метастабильной формой по отношению к фазе с более длинными силикатными цепями, к которой он стремится, выделяя воду и $Ca(OH)_2$.

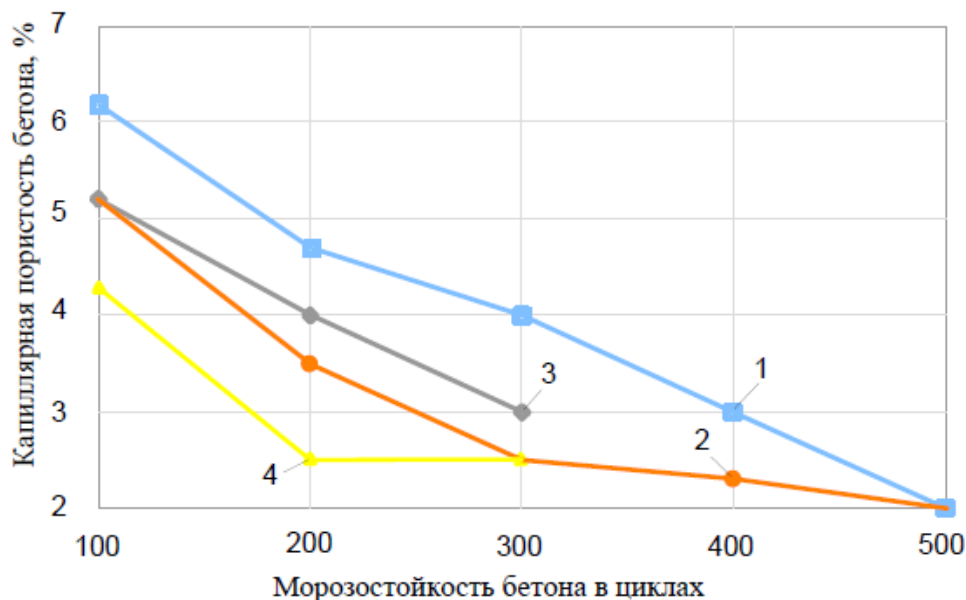


Рис. 1. Капиллярная пористость тяжелого бетона различной морозостойкости 1, 2 – на сульфатостойком портландцементе; 3, 4 – на быстротвердеющем портландцементе; 1, 3 – воздушно-влажное твердение, 2, 4 – тепловлажностная обработка [8]

Было доказано, что минеральные добавки с потенциальной реакционной способностью к пуццоланам улучшают характеристики композитных вяжущих и бетона. Пуццолановая активность определяется как способность природных материалов или побочных продуктов производить компоненты, обладающие связывающими свойствами, в результате их реакции с гидроксидом кальция (CH) в присутствии влаги. Пуццолановые материалы обычно могут объединяться с гидратированным гидроксидом кальция $Ca(OH)_2$, образуя гидратированный силикат кальция (C-S-H), который отвечает за прочность гидратированных цементных паст.

Применение добавки микрокремнезёма для высокопрочных бетонов показало [10] сокращение доли мало влияющего на прочность портландита в структуре цементного камня при увеличении количества C-S-H фазы. Отмечается также улучшение зоны контакта цементного камня с заполнителем за счёт уплотнения продуктов гидратации. В [11, 12] отмечается, что микрокремнезём способствует повышению степени гидратации портландцемента. Введение вместо части

портландцемента минеральных добавок, особенно микрокремнезёма, привело к росту гелевой пористости, в то время, как часть средних капиллярных пор уменьшилась. Это привело и к получению наибольшей прочности при изгибе (до 18 МПа после 365 суток твердения) [13]. Понижение температуры до +5...-10 °С препятствует развитию гидратации цемента и снижает пуццолановую активность микрокремнезёма. Повышение температуры твердения цементного камня с добавкой микрокремнезёма уменьшает капиллярную пористость и повышает долю гелевых пор размером 4,5–50 нм в затвердевшем цементном камне.

Широко применяемые на практике суперпластификаторы (СП) являются поверхностно активными веществами. По [14] адсорбция нафталиновых суперпластификаторов однослойная, а поликарбоксилатные эфиры демонстрируют многослойную адсорбцию. При введении нафталиновых СП обнаруживается, что текучесть цементного теста и тормозящее воздействие на гидратацию прямо пропорциональны площади цементных зёрен, покрытой этим пластификатором. Достижение полного покрытия

при максимальной дозировке нафталинового СП приводит к наибольшей текучести цементного теста и вызывает максимальный эффект замедления. Поликарбоксилатный СП обеспечивает пропорциональность между степенью охвата площади частиц цемента и текучестью смеси. Вторичный слой не способствует повышению текучести. Замедление гидратации цемента с добавкой поликарбоксилатного СП вызвано комплексобразованием COO^- с Ca^{2+} . Введение суперпластификаторов показало [15], что поликарбоксилатные полимеры привиты либо на поверхности, либо частично внедрены в межслойные полости C-S-H, их введение также увеличивает расстояние между слоями C-S-H.

Совместное введение микрокремнезёма и поликарбоксилатного суперпластификатора в смеси с низкими В/Т оказывает влияние на размеры анионов кремнезёма, вызывая их полимеризацию. При этом степень взаимодействия микрокремнезёма с портландитом сокращается, то есть в смесях с низкими В/Т интенсивность реакции пуццоланизации уменьшается [16]. Отмечается также более интенсивная гидратация белита [17].

Гелеобразная структура цементного камня, состоящая преимущественно из C-S-H (I), интенсивно стареет при естественном твердении, при пропаривании, и особенно при циклическом замораживании, что выражается в повышении размеров частиц гидратных фаз и снижении гелевой пористости [18].

Цель исследования – выявить структурные характеристики гидратных фаз, присутствующих в цементном камне, и их влияние на морозостойкость бетона, являющуюся одним из основных параметров долговечности бетона.

Задачи.

1. Оценить температурные деформации бетона при циклическом замораживании и оттаивании.
2. Определить возможные причины изменения характера деформирования образцов бетона при циклическом замораживании.
3. Представить механизм старения цементного геля при различных условиях испытания.
4. Предложить переход от морозостойкости к долговечности бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в различных климатических условиях.

Материалы и методы. На кафедре "Строительные материалы и изделия" Южно-уральского государственного университета проведены исследования влияния циклического замораживания на стабильность структуры гидратных фаз цементного камня испытанием образцов $4 \times 4 \times 16$ см песчаного бетона воздушно-влажного твердения состава 1:2 при В/Ц 0,4; 0,5; 0,7. Образцы изготавливались с использованием цемента ЦЕМ I активностью 49 МПа лабораторного помола до удельной поверхности $310 \text{ м}^2/\text{кг}$ из клинкера завода Коркино Лафарж с добавлением 5 % двуводного гипса по массе.

Таблица 2

Химический состав клинкера

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	FeO	$\text{CaO}_{\text{св}}$	ппп
21,04	5,81	4,74	65,81	1,94	0,31	0,04	0,34	0,25

Расчетный минералогический состав клинкера:

C_3S – 57 %, C_2S – 20 %, C_3A – 8 %, C_4AF – 15 %.

Песок применялся природный кварцевый Бобровского карьера с модулем крупности 2,43, содержащий около 2 % отмучиваемых примесей.

Образцы твердели в камере нормального твердения 28 суток при температуре $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ и относительной влажности не менее 95 %. Измерение деформаций мелкозернистого бетона производилось на кварцевом dilatометре, средняя квадратичная погрешность измерения относительных деформаций равнялась $2,57 \cdot 10^{-7}$, коэффициент вариации – 0,33 %. Холодильная машина с программным управлением обеспечивала скорость охлаждения камеры 2,5...3 град/мин и точность поддержания температуры.

Температурные деформации образцов мелкозернистого бетона измерялись после 4 суточного насыщения водой в процессе циклического замораживания после 1, 10, 20, 50, 100 циклов замораживания.

Марку морозостойкости F 2 определяли по ГОСТ 10060-2012 3-м ускоренным методом. Кубические образцы бетона с ребрами 10 см подвергали циклам замораживания-оттаивания при $-50 \pm 2^\circ\text{C}$ и $20 \pm 2^\circ\text{C}$ соответственно в 5 % растворе NaCl. Марку морозостойкости определяют по количеству циклов, при которых отсутствуют признаки разрушения или снижения прочности на сжатие по сравнению с контрольными образцами.

Результаты и дискуссия. Результаты измерения деформаций приведены на рис. 2, из которых следует, что после первого и десятого циклов замораживания образцы со всеми исходными В/Ц при температуре $-1 \dots -3^\circ\text{C}$ показывают более

интенсивное, чем температурное, сокращение размеров. Это может быть вызвано криогенной контракцией вследствие увеличения плотности адсорбированной влаги или усадкой геля при обезвоживании под влиянием миграции воды. Увеличение числа циклических замораживаний приводит к постепенному уменьшению деформаций

сжатия на стадии льдообразования, что, вероятно, отражает тенденцию цементного геля к кристаллизации с увеличением размера пор, появлением и возрастанием деформаций расширения. После 20 циклов испытания образцов (при В/Ц 0,7) или 100 циклов (при В/Ц 0,4 и 0,5) появляются деформации расширения, вызванные фазовым переходом воды в лёд.

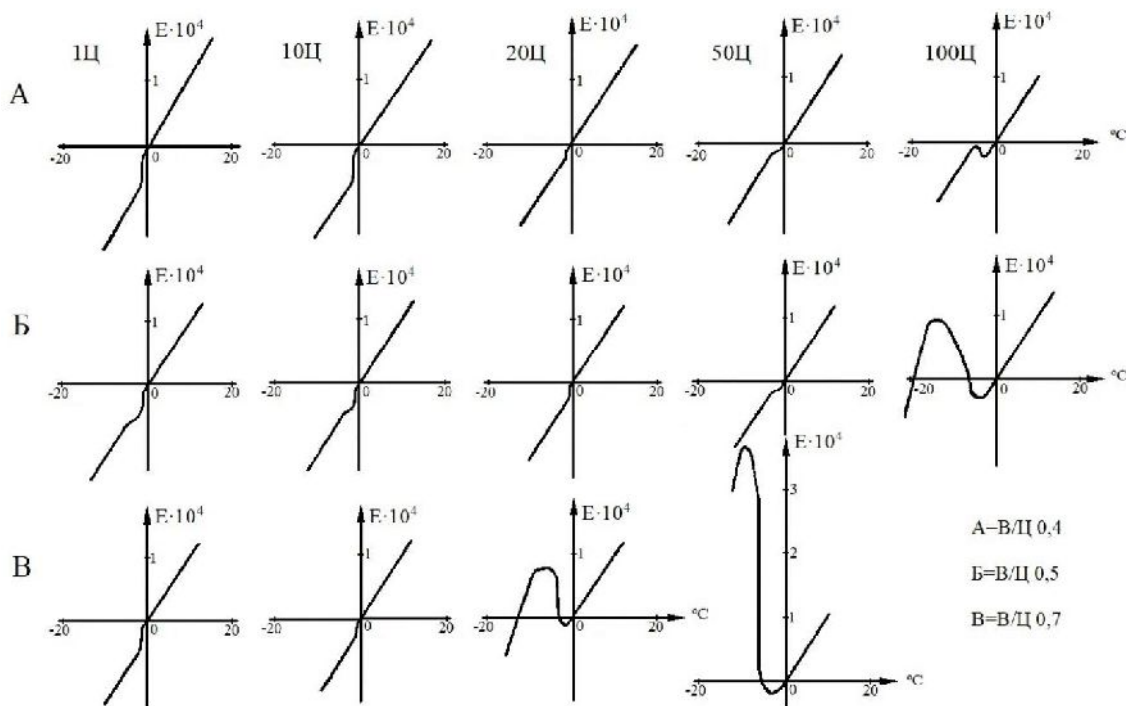


Рис. 2. Деформации образцов песчаного бетона в процессе замораживания после различного числа циклов

Таким образом, цементный гель полностью переродился при циклическом замораживании, и для обеспечения высокой морозостойкости бетона необходимо не только высокое содержание гелевидной структурной составляющей, но и обеспечение её сохранности в условиях циклического воздействия. Увеличение объёма пластической структурной составляющей в композитном материале уменьшает концентрацию напряжений и повышает трещиностойкость бетона.

В связи с переходом геля и микрокапилляров в разряд макропор, с увеличением числа циклов замораживания и оттаивания, размеры пор цементного камня увеличиваются. Если размер пор в цементном камне после первого цикла был не более 2 нм, то после 50 или 100 циклов замораживания и оттаивания наличие льда фиксировалось при температуре -4°C , что зависит от В/Ц [19, 20]. Таким образом, dilatометрические измерения позволяют оценить скорость протекания процесса старения цементного геля при циклическом замораживании, начало льдообразования фиксирует момент исчерпания долговечности бетона, выраженный в циклах замораживания и оттаивания.

Циклическое замораживание уменьшает содержание гидроксида кальция и потери при прокаливании в цементном камне при всех условиях предварительного твердения. Наиболее интенсивно вымывается гидроксид кальция из пропаренного портландцементного камня вследствие его повышенной пористости.

По ГОСТ 31384 долговечность бетона оценивается по морозостойкости и диффузионной проницаемости. Для высокофункциональных бетонов с низкими В/Ц характерно отсутствие микро- и макрокапилляров, а разрушении их при циклическом замораживании происходит вследствие перекристаллизации первоначальных гидратных фаз. Следовательно, обеспечение морозостойкости бетона железобетонных конструкций связано не только с характеристиками пористости – размерами и объёмом пор, соотношением открытой и замкнутой пористости, но и с поведением цементного геля, а также с протеканием коррозии выщелачивания.

Для выявления механизма старения цементного геля нами [18] проводились исследования микроструктуры продуктов гидратации суспен-

зии $\beta\text{C}_2\text{S}$ методами спектрального, рентгеновского, термического анализ под влиянием различных воздействий:

- При температуре $+20^\circ\text{C}$ суспензия гидратирует с образованием C-S-H (1) и Ca(OH)_2 . Увеличение содержания Ca(OH)_2 с выше 1 % по массе вызывает повышение основности первоначальных гидросиликатов и увеличение их закристаллизованности. Этот процесс преобразования гелеобразных гидросиликатных фаз А.В. Волженский назвал старением цементного геля кото-

рые проходит с изменением удельной поверхностью гидратных фаз при увеличении концентрации портландита (рис. 3).

- При циклическом замораживании до -20°C на воздухе с оттаиванием в воде ускоряется накопление портландита суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ который стимулирует изменение первичных гидратов.

- Замораживание при -50°C наибольшей мере способствует увеличению скорости перекристаллизации первоначальных гидратных фаз.

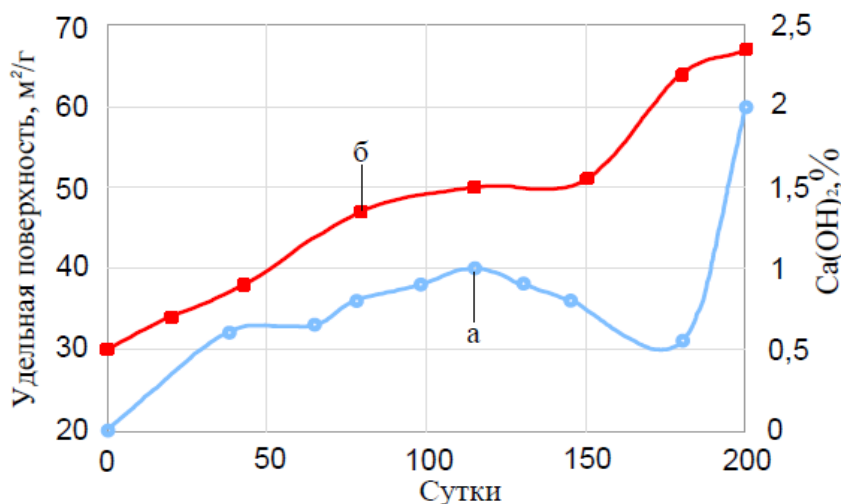


Рис. 3. Изменение количества свободной извести при длительном выдерживании суспензии $\beta 2\text{CaOSiO}_2$ в комнатных условиях, а) – содержание свободного гидроксида кальция, б) – изменение удельной поверхности

Для ускоренного определения долговечности бетона наиболее приемлемым является третий метод испытания морозостойкости бетона (ГОСТ 10060-2012), который обеспечивает наиболее интенсивное воздействие на бетон. Это вызвано тем, что испытываемые образцы насыщаются 5 % раствором поваренной соли, а также

замораживают и оттаивают, погруженными в этот раствор в кювете. Под действием криогенной контракции поддерживается высокий уровень насыщения образцов бетона, а наличие растворенной соли приводит к льдообразованию в широком диапазоне отрицательных температур, что видно из рис. 4.

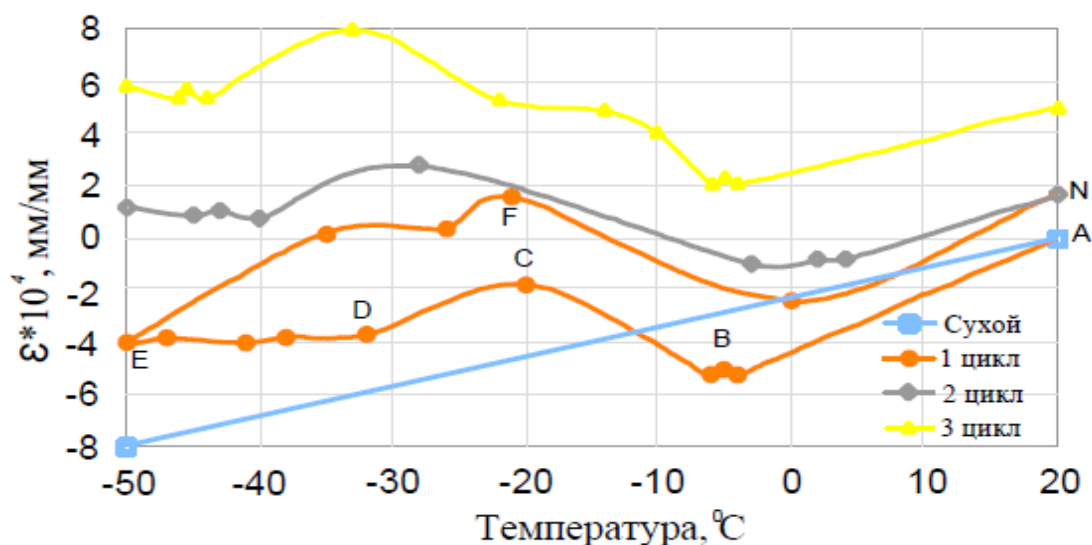


Рис. 4. Относительные деформации образца бетона, насыщенного и замораживаемого в 5 % растворе хлорида натрия

В растворе хлорида натрия первое замораживание образцов бетона приводит к небольшой деформации образцов (точка В) при температуре -4°C . Понижение температура до -20°C вызывает расширение образца до точки С вследствие льдообразования макрокапилляров. Большая протяжённость этого участка, вероятно, вызвана образованием пресного льда с увеличением концентрации соли в незамёрзшем растворе, из которого вымерзает часть воды при более низкой температуре и так до температуры криогидратной точки, при которой образуется лёд и кристаллогидраты поваренной соли. С увеличением числа циклических замораживаний этот участок увеличивается, что объясняется увеличением размеров микрокапилляров [8, 21].

На участке CD размер льда в порах бетона уменьшается из-за более высокого значения ко-

эффициента сжатия льда. На участке DE в микрокапиллярах образуется лёд. При нагревании от -50°C до -30°C происходят интенсивные деформации расширения образца бетона с последующим таянием части льда в микро- и макрокапиллярах.

С увеличением числа циклических замораживаний первоначальный процесс сглаживается. Это вероятно, вызвано тем, что размеры макро- и микрокапилляров приобретают непрерывную величину, в результате чего при -40°C на третьем цикле происходит образование льда с расширением образца до -25°C , затем образец уменьшает деформации до -40°C вследствие температурного деформирования льда и от -40°C до -50°C величина деформации практически неизменна.

Таблица 3

Предложения по требованиям к долговечности бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур

Условия работы железобетонных конструкций	Расчётная зимняя температура наружного воздуха, °C	Количество циклов по 3 методу ГОСТ 10060-2012			Долговечность, год/цикл
		для жбк степени ответственности по ГОСТ 27751			
		1	II	III	
1. Переменное замораживание и оттаивание а) в водонасыщенном состоянии при действии морской и минерализованной воды (приливная зона, действие соленых брызг, волн и т.п.)	Ниже -40	200	150	100	1
	Ниже -20 до -40 вкл	150	100	75	2
	Ниже -5 до -20 вкл	100	75	50	3
	-5 и выше	10	8	6	20
б) в водонасыщенном состоянии (например жбк, расположенные в сезоннооттаивающем слое грунта в районах вечной мерзлоты)	Ниже - 40	50	30	15	5
	Ниже -20 до -40 вкл	30	15	8	10
	Ниже -5 до -20 вкл	15	8	6	20
	-5 и выше	8	5	4	40
в) в условиях эпизодического водонасыщения (например, надземные конструкции постоянно подвергающиеся атмосферным воздействиям)	Ниже - 40	15	8	6	20
	Ниже -20 до -40 вкл	10	7	5	25
	Ниже -5 до -20 вкл	7	5	3	30
	-5 и выше	5	3	2	40
г) в условиях воздушно-влажного состояния при отсутствии водонасыщения (например жбк подвергающиеся воздействию окружающего воздуха под крышей)	Ниже - 40	10	8	6	20
	Ниже -20 до -40 вкл	8	6	5	25
	Ниже -5 до -20 вкл	6	4	3	30
	-5 и выше	4	3	2	40
2. возможно эпизодическое воздействие температуры <0 °C (например жбк в грунте или под водой)	Ниже - 40	10	8	6	20
	Ниже -20 до -40 вкл	8	6	5	25
	Ниже -5 до -20 вкл	6	4	3	30
	-5 и выше	4	3	2	40

По ГОСТ 31384 основными факторами долговечности является морозостойкость и диффузионная проницаемость, которые напрямую зависят от содержания цементного геля.

Выводы.

1. Для железобетонных конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур, степень агрессивности среды определяется

зимней температурой воздуха, степенью насыщения и уровнем минерализации жидкой фазы, насыщающей бетон.

2. Отечественные и зарубежные нормативные документы регламентируют мероприятия по повышению стойкости бетона, направленные на увеличение плотности при ограниченном количестве допускаемых разновидностей цемента в условиях эксплуатации XD-3, XS-3 и XF-4.

3. Основной характеристикой долговечности бетонных и железобетонных конструкций чаще всего является морозостойкость бетона, которая даже при ускоренных испытаниях требует значительное время.

4. Важным показателем долговечности бетона является стабильность цементного геля при циклических воздействиях. Количество циклов замораживания и оттаивания, при котором происходит огрубление структуры гидратных фаз цементного камня, может служить критерием долговечности бетона.

5. Механизм старения цементного геля связан с повышением его основности вследствие поглощения извести первоначально образовавшимися гидросиликатами кальция. Этот процесс протекает при комнатных условиях, ускоряется при циклическом замораживании и особенно при низкотемпературном $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ испытании.

6. Пуццоланизация и водоредуцирование уменьшают содержание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до 2–5 % по массе, повышается содержание пластичного компонента в бетоне, снижается уровень концентрации напряжений, что повышает долговечность бетона.

7. Наиболее ускоренным методом оценки долговечности бетона является испытание морозостойкости при температуре замораживания образцов $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Испытываемые образцы насыщаются 5 % раствором поваренной соли, а также замораживают и оттаивают, погруженными в этот раствор в кювете.

8. Связь долговечности и морозостойкости бетона оценивается по степени насыщения жидкой фазой, ее минерализации и температуре замораживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kurdowski W. Cement and Concrete Chemistry. Springer Science+Business Media, 2014. 700p
2. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. М.: МИКХиС, 2007. 304 с.
3. Кривобородов Ю.Р., Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Минеральные вяжущие вещества. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси. Часть 1. Справ. Под ред. П.Г. Комохова. СПб: НПО "Профессионал", 2007. 135 с.
4. Горчаков Г.И., Орентлихер Л.П., Савин В.И. Состав, структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1970. 144 с.
5. Fagerlund G. Frost Destruction of Concrete – A Study of the Validity of Different Mechanisms. Nordic Concrete Research. 2018. № 58. Pp. 35–54, doi:http://dx.doi.org/10.2478/ncr-2018-0003.
6. An M., Wang Y., Yu Z. Damage mechanisms of ultra-high-performance concrete under freeze-thaw cycling in salt solution considering the effect of rehydration. Construction and Building Materials. 2019. № 198. Pp. 546–552, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.175.
7. Pauers T.C. A working hypothesis for further studies of frost resistance of concrete. Proc ACJ. 1945. № 41. Pp. 245–272.
8. Трофимов Б.Я. Основы повышения морозостойкости тяжелого бетона. Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2015. №40. С. 58–75.
9. Gartner E., Maruyama I., Chen J. A new model of C-S-H phase formed during the hydration of Portland Cement. Cement and Concrete Research. 2017. № 97. Pp. 95–106.
10. Штарк И. Гидратация цемента и микроструктура бетона. Цемент и его применение. 2011. №2. С.90–94.
11. Jun Liu, Yau Li, Peng Ouyang, Yuonguan Yang. Hydration of the silica-fume - Portland cement binary system at lower temperature. Construction and Building Materials. 2015. № 93. Pp. 919–925.
12. Zhung Z., Zhung B, Yan P. Hydration and microstructures of concrete containing raw or densified silica fume at different curing temperatures. Construction and Building Materials. 2016. № 121. Pp. 483–490.
13. Kusielova E., Zemlicka M., Bartonickova E., Palou M.T. The correlation between porosity and mechanical properties of multicomponent systems consisting of Portland cement-slag-silica fume-metakaolin. Construction and Building Materials. 2017. № 135. Pp. 306–314.
14. Jun Liu, Yau Li, Peng Ouyang, Yuonguan Yang. Hydration of the silica-fume - Portland cement binary system at lower temperature. Construction and Building Materials. 2015. № 93. Pp. 919–925.
15. Sun J., Shi Hu, Xu Z., Li W., Shen X. Effects of sintetic C-S-H/PCE nanocomposites on early cement hydration. Construction and Building Materials. 2017. № 140. Pp. 282–292.
16. Durecovic A., Tkalcic-Ciboci B. Cement past of low water to solid ratio: An investigation of the polimerization of silicate anions in the presence

of a superplasticizer and silica fume. Construction and Building Materials. 2017. № 135. Pp. 306–314.

17. Courtial M., Noirfontain M.-N., Dunstetter F., Signes-Frehei M., Mounanga P., Cherkaoui K., Khelidj A. Effect of polycarboxylate and crushed quarts in UHPC: Microstructural investigation. Construction and Building Materials. 2013. №44. Pp. 699–705.

18. Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В. Структурообразование гидратных фаз цемента при циклическом замораживании. Строительство и экология: теория, практика, инновации. Сб. докладов 1 международной конференции. Челябинск, изд. "ПИРС" 2015. С. 168–175.

Информация об авторах

Трофимов Борис Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные материалы и изделия». E-mail: tbya@mail.ru. Южно-Уральский государственный университет (НИУ). Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76.

Шулдяков Кирилл Владимирович, старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и изделия». E-mail: kirill-shuld@ya.ru. Южно-Уральский государственный университет (НИУ). Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76.

Махмудов Азамджон Махмудович, аспирант кафедры «Строительные материалы и изделия». E-mail: azamsho.89@mail.ru. Южно-Уральский государственный университет (НИУ). Россия, 454080 Челябинск, проспект Ленина, 76.

Поступила 23.12.2020 г.

© Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В., Махмудов А.М., 2021

Trofimov B.Ya., Shuldyakov K.V., *Makhmudov A.M.

South Ural State University (NRU)

*E-mail: azamsho.89@mail.ru

INFLUENCE OF MICROSTRUCTURE OF HYDRATE PHASES OF CEMENT STONE ON CONCRETE DURABILITY

Abstract. One of the main problems in modern concrete science is the low durability of reinforced concrete structures and constructions, especially those located in harsh climatic conditions and saturated with marine or mineralized water. Existing standards guide designers and builders to increase the density of concrete with increasing degree of aggressive impact, as well as through cyclical freezing of concrete structures, which taken as the main indicator of durability, air entrainment is mandatory. The problem is not only the provision of high frost resistance of concrete, but also finding a method of controlling it, which takes a long time. The destruction of concrete during cyclical freezing occurs due to the formation of ice in the pores of concrete and as a result of temperature stresses in concrete with ice, as well as the washing out of portlandite and aging of the cement gel – the main structural element of hardened cement paste. This means that the durability of the concrete can be ensured by maintaining the finely dispersed structure of the hardened cement paste, preventing crystallization of the gel from external influences or increasing its basicity. It is shown that only water reduction and pozzolanization, which provides residual portlandite content in Portland cement concrete stone 2–5 % by weight ensure the achievement of increased durability of concrete, reinforced concrete structures and constructions. A method is proposed to assess the stability of hydrate phases as well as the relationship between the durability and frost resistance of concrete.

Keywords: structure of cement stone, pozzolanization, operating environment, frost resistance and durability of concrete.

REFERENCES

1. Kurdowski W. Cement and Concrete Chemistry. Springer Science+Business Media, 2014. 700 p.

2. Kuznetsova T.V., Samchenko S.V. Microscopy of cement production material [Mikroskopiya

materialov cementnogo proizvodstva]. Moscow: MIKHiS, 2007. 304 p.

3. Krivorodov Yu.R., Kuznetsova T.V., Samchenko S.V. Mineral binders [Mineral'nye vyazhushchie veshchestva]. Cements, concretes, building solutions and dry mixes. Part 1. Help. Edited by P.G. Komokhov. Saint Petersburg: NPO "Professional", 2007. 135 p.

4. Gorchakov G.I., Orentlikher L.P., Savin V.I. Composition, structure and properties of cement concretes [Sostav, struktura i svoystva cementnykh betonov]. Moscow: Stroyizdat, 1970. 144 p.

5. Fagerlund G. Frost Destruction of Concrete – A Study of the Validity of Different Mechanisms. Nordic Concrete Research. 2018. No. 58. Pp. 35–54, doi:<http://dx.doi.org/10.2478/ncr-2018-0003>.

6. An M., Wang Y., Yu Z. Damage mechanisms of ultra-high-performance concrete under freeze-thaw cycling in salt solution considering the effect of rehydration. Construction and Building Materials. 2019. No. 198. Pp. 546–552, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.175>.

7. Pauers T.C. A working hypothesis for further studies of frost resistance of concrete. Proc ACJ. 1945. No. 41. Pp. 245–272.

8. Gartner E., Maruyama I., Chen J. A new model of C-S-H phase formed during the hydration of Portland Cement. Cement and Concrete Research. 2017. No. 97. Pp. 95–106.

9. Shtark I. Cement hydration and concrete microstructure [Gidratatsiya cementa i mikrostruktura betona]. Cement and its application. 2011. No. 2. Pp. 90–94.

10. Jun Liu, Yau Li, Peng Ouyang, Yuonguan Yang. Hydration of the silica-fume - Portland cement binary system at lower temperature. Construction and Building Materials. 2015. No. 93. Pp. 919–925.

11. Zhong Z., Zhong B., Yan P. Hydration and microstructures of concrete containing raw or densified silica fume at different curing temperatures. Construction and Building Materials. 2016. No. 121. Pp. 483–490.

12. Kusielova E., Zemlicka M., Bartonickova E., Palou M.T. The correlation between porosity and mechanical properties of multicomponent systems consisting of Portland cement-slag-silica fume-metakaolin. Construction and Building Materials. 2017. No. 135. Pp. 306–314.

13. Jun Liu, Yau Li, Peng Ouyang, Yuonguan Yang. Hydration of the silica-fume - Portland cement binary system at lower temperature. Construction and Building Materials. 2015. No. 93. Pp. 919–925.

14. Sun J., Shi Hu, Xu Z., Li W., Shen X. Effects of sintetic C-S-H/PCE nanocomposites on early cement hydration. Construction and Building Materials. 2017. No. 140. Pp. 282–292.

15. Durecovic A., Tkalcic-Ciboci B. Cement past of low water to solid ratio: An investigation of the polimerization of silicate anions in the presence of a superplasticizer and silica fume. Construction and Building Materials. 2017. No. 135. Pp. 306–314.

16. Courtial M., Noirfontain M-N, Dunstetter F., Signes-Frehei M., Mounanga P., Cherkaoui K., Khelidj A. Effect of polycarboxylate and crushed quarts in UHPC: Microstructural investigation. Construction and Building Materials. 2013. No. 44. Pp. 699–705.

17. Kramar L.Ya., Trofimov B.Ya., Shuldyakov K.V. Structure formation of cement hydrate phases during cyclic freezing [Strukturoobrazovanie gidratnykh faz cementa pri ciklicheskom zamorazhivanii]. Construction and ecology: theory, practice, innovations. Sat. reports of the 1st international conference - Chelyabinsk, ed. "PIRS" 2015. Pp. 168–175.

18. Bakaev V.A., Kiselev V.F., Krasilnikov K.G. Lowering the melting temperature of water in the capillaries of a porous body [Ponizhenie temperatury plavleniya vody v kapillyarah poristogo tela]. DAN SSSR. 1959. Vol. 125. No. 4. Pp. 831–835.

19. Rio A. Approximation to the macromolecular description of the hydration process of tricalcium silicate [Priblizhenie k makromolekulyarnomu opisaniyu processa gidratatsii tryokhkal'cievogo silikata]. Sixth Int. Congress on Chemistry of Cement, Vol. 2. book 1. M.: Stroyizdat. 1976. Pp. 145–157.

20. Trofimov B.Ya., Kramar L.Ya. Deformations and resistance of concrete during cyclic freezing [Deformatsii i stojkost' betona pri ciklicheskom zamorazhivkanii]. Construction materials. 2014. No. 8. Pp. 46–51.

21. Trofimov B.Ya. Fundamentals of increasing frost resistance of heavy concrete [Osnovy povysheniya morozostojkosti tyazhelogo betona]. Alitinform: Cement. Concrete. Dry mixes. 2015. No. 40. Pp. 58–75.

Information about the authors

Trofimov, Boris Y. DSc, Professor. E-mail: tbya@mail.ru. South Ural State University (NRU). Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76.

Shuldyakov, Kirill V. Senior Lecturer. E-mail: kirill-shuld@ya.ru. South Ural State University (NRU). Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76.

Mahmudov, Azamjon M. Postgraduate student. E-mail: azamsho.89@mail.ru. South Ural State University (NRU). Russia, 454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76.

Received 23.12.2020

Для цитирования:

Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В., Махмудов А.М. Влияние на долговечность бетона микроструктуры гидратных фаз цементного камня // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 8–18. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-8-18

For citation:

Trofimov B.Ya., Shuldyakov K.V., Makhmudov A.M. Influence of microstructure of hydrate phases of cement stone on concrete durability. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 8–18. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-8-18

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-19-26

*Логанина В.И., Фролов М.В.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*E-mail: loganin@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ШТУКАТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ И ФАСАДНЫХ КРАСОК НА ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ В СТЕНАХ ИЗ ГАЗОБЕТОНА

Аннотация. В статье приведены результаты исследования совместного влияния штукатурных покрытий и фасадных красок на влажностный режим в стенах из газобетона марок D400 и D600. Оценено влияние характеристик красок и штукатурных покрытий на температуру начала конденсации. Определено положение плоскостей, в которых начинается выпадение конденсата для всех рассматриваемых конструкций. Установлено, что в ограждающих конструкциях с использованием цементно-шлаковой штукатурки температура начала конденсации выше температуры начала конденсации в ограждениях, в которых использовали цементно-вермикулитовую штукатурку. При применении фасадных красок ВАК «Силикат» и ВАК «Силикон 2», отличающихся наибольшей паропроницаемостью, эта разница максимальна и составляет соответственно 2 °С и 2,3 °С. При использовании фасадных красок ВАК «Цоколь» и ВАК «Акрил 1» эта разница минимальна и составляет соответственно 0,2 °С и 0,5 °С. Установлено, что при использовании цементно-шлаковой штукатурки и красок ВАК «Цоколь», ВАК «Акрил 1», ВАК «Акрил 2», ВАК «Силикон 1», ВАК «Силикон 2» конденсация влаги происходит на границе газобетон-наружная отделка, что создает опасность отслоения штукатурного состава от газобетона. Для данных конструкций также характерны достаточно высокие температуры начала конденсации от -5,4 °С и выше. При использовании красок ВАК «Силикат» и цементно-шлаковой штукатурки конденсация влаги начинается в толще газобетона, что более благоприятно для ограждающей конструкции. Даны рекомендации по выбору вида краски и вида штукатурного состава для стен из газобетона марок D400, D600.

Ключевые слова: фасадная краска, штукатурный состав, влажностный режим, конденсация влаги, газобетон.

Введение. В настоящее время газобетонные блоки широко используются при возведении зданий различного назначения. Рост доли газобетонных конструкций в общем объеме строительства привел к увеличению выпуска различных материалов для его отделки. Стены из газобетонных блоков чаще всего отделываются различными штукатурными составами [1, 2]. Полученные покрытия достаточно часто окрашивают фасадными красками различных видов. При выборе вида штукатурного состава и фасадной краски важно правильно оценивать влажностный режим, который возникнет в стене в процессе эксплуатации [3–6]. Неправильный выбор вида штукатурного состава или фасадной краски может привести к конденсации влаги, и как следствие к разрушению штукатурного покрытия или слоя краски [7–8].

Материалы и методы. В работе представлены результаты оценки совместного влияния различных фасадных красок и штукатурных покрытий на влажностный режим в стенах из газобетона для условий г. Пенза. Для оценки вероятности конденсации влаги в наружных огражде-

ниях определяли температуру начала конденсации $t_{нк}$ и положение плоскости, в которой начинается выпадение конденсата [9–11].

Расчетные параметры наружного воздуха приняты в соответствии с требованиями «СП 131.13330.2018. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99»: средняя температура отопительного периода $t_{оп} = -4,1$ °С; продолжительность отопительного периода $z_{от} = 200$ сут; средняя влажность наиболее холодного месяца $\phi_{х.м.} = 83$ %. Расчетная схема ограждающих конструкций из газобетона представлена на рис. 1.

Расчетные параметры внутреннего воздуха приняты по «СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» для жилых зданий: расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20,0$ °С; относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_{в} = 55$ %.

Используемые в рассматриваемых ограждающих конструкциях материалы представлены в табл. 1.

Свойства фасадных красок представлены в табл. 2

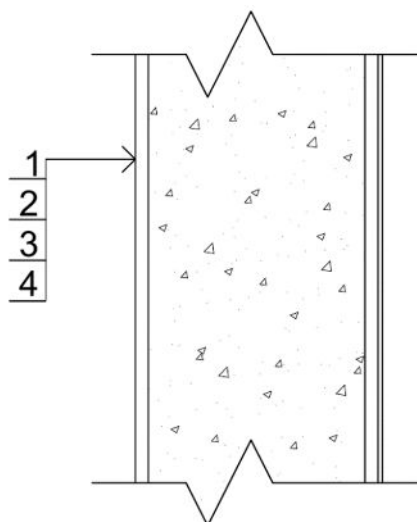


Рис. 1. Расчетная схема ограждающих конструкций из газобетона: 1 – внутренняя отделка; 2 – газобетон; 3 – наружная отделка; 4 – фасадная краска

Таблица 1

Характеристики используемых в рассматриваемых ограждающих конструкциях материалов

Номер слоя	Материал	Толщина слоя δ , м	Средняя плотность материала, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_A , Вт/(м·К)	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
1	штукатурка цементно-шлаковая	0,01	1200	0,470	0,140
2	газобетон D400	0,45	400	0,14	0,230
	газобетон D600	0,65	600	0,22	0,170
3	штукатурка цементно-вермикулитовая	0,02	600	0,13	0,25
	штукатурка цементно-шлаковая	0,01	1200	0,470	0,140
4	фасадная краска	0,0002	В зависимости от вида краски		

Таблица 2

Свойства фасадных красок

Наименование краски	Характеристика краски	Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
ВАК «Цоколь»	краска с повышенной адгезией и водостойкостью для окраски цоколей зданий	0,00026
ВАК «Акрил 1»	краска на основе акрилат-стирольных латексов	0,00038
ВАК «Акрил 2»	краска на основе акрилат-стирольных латексов	0,00047
ВАК «Силикон 1»	краска, содержащая в составе силиконовую эмульсию	0,00070
ВАК «Силикон 2»	краска, содержащая в составе силиконовую эмульсию	0,00148
ВАК «Силикат»	краска латексно-силикатная	0,00238

Также определялся влажностный режим в ограждающих конструкциях из газобетона, не окрашенных краской (без слоя 4). Все исследуе-

мые в работе конструкции соответствуют требованиям «СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».

Основная часть. Зависимость температуры начала конденсации $t_{н.к.}$ в ограждениях из газобетона марки D400 от теплофизических характеристик наружного штукатурного покрытия и фасадной краски приведены на рис. 2.

Установлено, что в ограждающих конструкциях с использованием цементно-шлаковой штукатурки температуры начала конденсации $t_{н.к.}$ выше температур начала конденсации в ограждениях, в которых использовали цементно-вермикулитовую штукатурку (рис. 2, кривая 1,2). При

этом при использовании фасадных краски ВАК «Силикат» и ВАК «Силикон 2», отличающихся наибольшей паропроницаемостью, эта разница максимальна и составляет соответственно 2 °С и 2,3 °С. При использовании фасадных краски ВАК «Цоколь» и ВАК «Акрил 1» эта разница минимальна и составляет соответственно 0,2 °С и 0,5 °С.

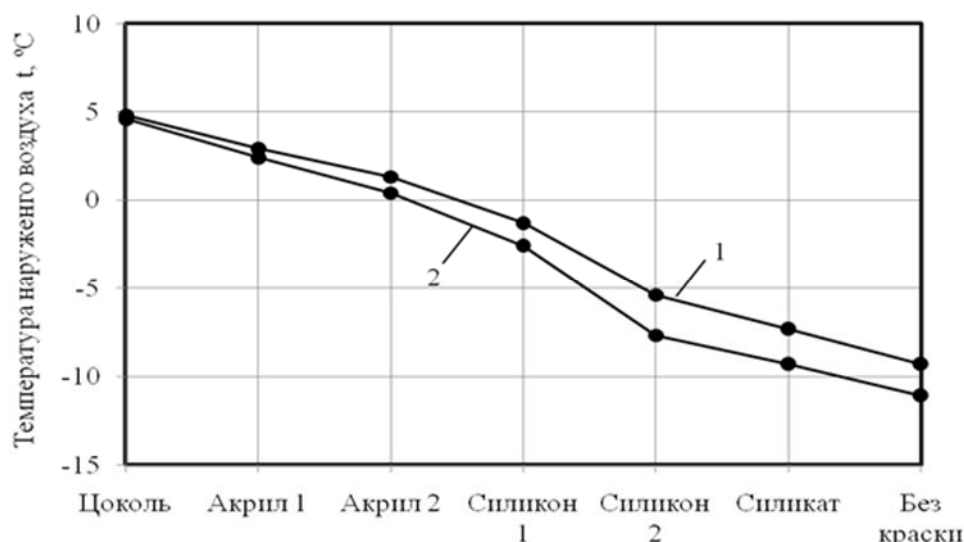


Рис. 2. Температура начала конденсации $t_{н.к.}$ в ограждающих конструкциях из газобетона марки D400: 1 – штукатурка цементно-шлаковая; 2 – штукатурка цементно – вермикулитовая

В ходе исследований также определяли плоскость, в которой будет в первую очередь скапливаться конденсат при понижении температуры наружного воздуха ниже температуры

начала $t_{н.к.}$ конденсации. Результаты исследования для газобетона D400 представлены в табл. 3.

Таблица 3

Положение плоскости выпадения конденсата (газобетон D400)

Вид краски	Вид штукатурного состава	
	Цементно-шлаковая штукатурка	Цементно-вермикулитовая штукатурка
ВАК «Цоколь»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Акрил 1»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Акрил 2»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Силикон 1»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Силикон 2»	Граница газобетон – наружная отделка	Газобетон (на расстояние 3 см от наружной отделки)
ВАК «Силикат»	Газобетон (на расстояние 3 см от наружной отделки)	Газобетон (на расстояние 5 см от наружной отделки)
Без краски	Газобетон (на расстояние 6 см от наружной отделки)	Газобетон (на расстояние 8 см от наружной отделки)

Установлено, что при использовании цементно-шлаковой штукатурки и красок ВАК «Цоколь», ВАК «Акрил 1», ВАК «Акрил 2», ВАК «Силикон 1», ВАК «Силикон 2» конденсация влаги происходит на границе «газобетон-наружная отделка», что создает опасность отслоения штукатурного состава от газобетона. Для данных конструкций также характерны достаточно высокие температуры начала конденсации от $-5,4^{\circ}\text{C}$ и выше.

При использовании краски ВАК «Силикат» и цементно-шлаковой штукатурки конденсация влаги начинается в толще газобетона, что более благоприятно для ограждающей конструкции. Температура начала конденсации $-7,3^{\circ}\text{C}$, что немного выше средней температуры наружного воздуха для всего зимнего периода $t_{\text{зима}} = -8,4^{\circ}\text{C}$ (среднее температуры декабря, января и февраля) для условий г. Пензы. При понижении температуры до $-7,9^{\circ}\text{C}$ влага начинает выпадать на границе газобетон - наружная отделка. Данную конструкцию допустимо использовать в условиях г. Пензы.

Установлено, что при использовании цементно-вермикулитовой штукатурки и красок ВАК «Цоколь», ВАК «Акрил 1», ВАК «Акрил 2» и ВАК «Силикон 1» конденсация влаги происходит на границе «наружная отделка – фасадная

краска», что создает опасность отслоения фасадной краски от штукатурного покрытия. Температуры начала конденсации для данных конструкций высокие – от $-2,6^{\circ}\text{C}$ и выше.

При использовании красок ВАК «Силикат», ВАК «Силикон 2» и цементно-вермикулитовой штукатурки конденсация влаги начинается в толще газобетона. Температура начала конденсации при использовании краски ВАК «Силикат» равна $-9,3^{\circ}\text{C}$, при использовании краски ВАК «Силикон 2» – $-7,7^{\circ}\text{C}$. При использовании краски ВАК «Силикон 2» при понижении температуры до $-8,1^{\circ}\text{C}$ влага начинает выпадать на границе «газобетон – наружная отделка». Данную конструкцию допустимо использовать в условиях г. Пензы. При использовании краски ВАК «Силикат» выпадение влаги на границе «газобетон – наружная отделка» начинается только при температуре $-11,2^{\circ}\text{C}$. Данную конструкцию можно рекомендовать к использованию в условиях г. Пензы.

Зависимости температуры начала конденсации $t_{\text{н.к.}}$ в ограждениях из газобетона марки D600 от теплофизических характеристик наружного штукатурного покрытия и фасадной краски приведены на рис. 3.

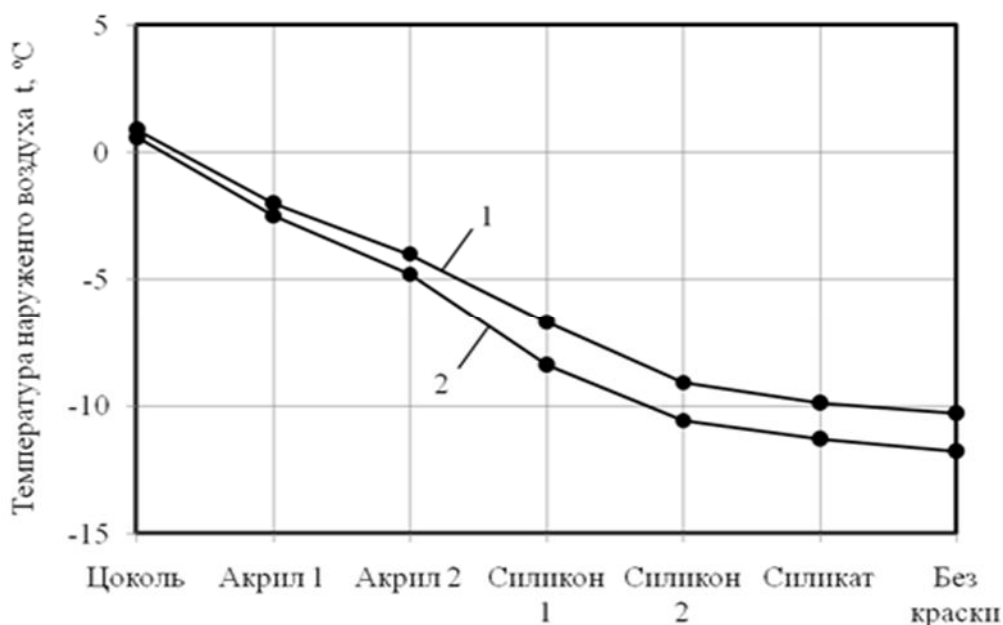


Рис. 3. Температура начала конденсации $t_{\text{н.к.}}$ в ограждающих конструкциях из газобетона марки D600:
1 – штукатурка цементно-шлаковая; 2 – штукатурка цементно-вермикулитовая

Установлено, что в ограждающих конструкциях из газобетона марки D600 влажностный режим в меньшей степени зависит от характеристик используемых штукатурных составов и фасадных красок по сравнению с ограждающими

конструкциями из газобетона марки D400. Температура начала конденсации в ограждениях, отделанных цементно-вермикулитовой штукатуркой, ниже температуры начала конденсации в ограждениях, отделанных цементно-шлаковой

штукатуркой (рис. 3, кривая 1,2). Разница варьируется от 0,3 °С до 1,7 °С в зависимости от вида фасадной краски.

Результаты исследований по определению плоскости выпадения конденсата для газобетона D600 представлены в табл. 4.

Таблица 4

Положение плоскости выпадения конденсата (газобетон D600)

Вид краски	Вид штукатурного состава	
	Цементно-шлаковая штукатурка	Цементно-вермикулитовая штукатурка
ВАК «Цоколь»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Акрил 1»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Акрил 2»	Граница газобетон – наружная отделка	Граница наружная отделка – фасадная краска
ВАК «Силикон 1»	Газобетон (на расстояние 4 см от наружной отделки)	Газобетон (на расстояние 7 см от наружной отделки)
ВАК «Силикон 2»	Газобетон (на расстояние 9 см от наружной отделки)	Газобетон (на расстояние 11 см от наружной отделки)
ВАК «Силикат»	Газобетон (на расстояние 11 см от наружной отделки)	Газобетон (на расстояние 12 см от наружной отделки)
Без краски	Газобетон (на расстояние 12 см от наружной отделки)	Газобетон (на расстояние 14 см от наружной отделки)

При использовании цементно-шлаковой штукатурки и красок ВАК «Цоколь», ВАК «Акрил 1», ВАК «Акрил 2» конденсация влаги начинается на границе «газобетон – наружная отделка». При замене штукатурки на цементно-вермикулитовую плоскость, в которой начинается конденсация влаги, смещается в сторону наружной поверхности ограждения, на границу «наружная отделка – фасадная краска». Для данных конструкций характерны достаточно высокие температуры начала конденсации – от -4,8 °С и выше.

При использовании краски ВАК «Силикат», ВАК «Силикон 2» и ВАК «Силикон 1» и независимо от вида используемой штукатурки конденсация влаги начинается в толще газобетона. При этом при повышении паропроницаемости красочного и штукатурного покрытия положение плоскости выпадения конденсата смещается внутрь ограждения, что уменьшает вероятность выпадения конденсата на границе «газобетон – наружная отделка». Температура начала конденсации ниже -6,7 °С. При использовании краски ВАК «Силикон 1» и цементно-шлаковой штукатурки при понижении температуры до -7,0 °С влага начинает выпадать на границе «газобетон – наружная отделка». Данную конструкцию допустимо использовать в условиях г. Пензы. В остальных ограждениях влага начинает выпадать

на границе «газобетон – наружная отделка» начинает выпадать при следующих температурах:

- цементно-шлаковая штукатурка, ВАК «Силикон 2» -12,1 °С;
- цементно-шлаковая штукатурка, ВАК «Силикат» -14,9 °С;
- цементно – вермикулитовая штукатурка, ВАК «Силикон 1» -9,4 °С;
- цементно-вермикулитовая штукатурка, ВАК «Силикон 2» -15,5; °С;
- цементно – вермикулитовая штукатурка, ВАК «Силикат» -19,0 °С.

Данные конструкции можно рекомендовать использовать в условиях г. Пензы.

Выводы

1. Исследовано совместное влияние штукатурных покрытий и фасадных красок на температуру начала конденсации $t_{н.к.}$ в стенах из газобетона марок D400, D600.

2. Определено положение плоскостей, в которых начинается выпадение конденсата для всех рассматриваемых конструкций.

3. На основе данных о температуре начала конденсации $t_{н.к.}$ и данных, о положении плоскости, в которой начинается выпадение конденсата, даны рекомендации по выбору вида фасадной краски и вида штукатурного состава для стен из газобетона марки D400, D600.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логанина В.И., Макарова Л.В. Штукатурные составы для реставрационных работ с применением окрашенных наполнителей // Региональная архитектура и строительство. 2009. №1. С. 38–40
2. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Жерновский И.В., Садовникова М.А. Известковые отделочные составы с применением синтезированных алюмосиликатов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 55–57.
3. Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Влияние влажностного содержания на теплозащитные свойства ограждающей конструкции из ячеистого бетона // Вестник МГСУ. 2011. №3. С. 403–410.
4. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Горшков А.С. Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №6. С. 19–33.
5. Логанина В.И., Фролов М.В., Рыжов А.Д. Влияние теплоизоляционной штукатурки на основе известково-перлитового состава на влажностный режим наружных стен зданий // Региональная архитектура и строительство. 2016. №1. С. 44–47.
6. Королева Т.И., Аржаева Н.В. Исследование возможности конденсации водяного пара в толще многослойной конструкции наружного ограждения // Региональная архитектура и строительство. 2018. №2. С. 152–158.
7. Логанина В.И., Фролов М.В., Скачков Ю.П. Оценка влияния отделочных покрытий на изменение влажностного режима газобетонной ограждающей конструкции // Вестник МГСУ. 2018. Том 13. №11. С. 1349–1356.
8. Ватин В.И., Горшков А.С., Глумов А.В. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. №1. С. 28–33.
9. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш., Шамсутдинов М.Р. Влияние конструкции ограждения на конденсацию парообразной влаги // Жилищное строительство. 2012. №6. С. 29–31.
10. Куприянов В.Н. Основные принципы конструирования наружных стен с ограничением конденсации в них парообразной влаги // Строительство и реконструкция. 2015. №2(58). С. 120–126.
11. Фролов М.В. Оценка влажностного режима в стенах из газобетона в зависимости от характеристик наружного отделочного покрытия // Региональная архитектура и строительство. 2020. №1. С. 90–97.

Информация об авторах

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

Фролов Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028 Пенза, ул. Германа Титова, 28

Поступила 02.02.2021 г.

© Логанина В.И., Фролов М.В., 2021

**Loganina V.I., Frolov M.V.*

Penza State University of Architecture and Construction

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

STUDY OF JOINT INFLUENCE OF PLASTER COATINGS AND FACADE PAINTS ON HUMIDITY IN GAS CONCRETE WALLS

Abstract. The article presents the results of a study of the combined effect of plaster coatings and facade paints on the humidity regime in the walls made of aerated concrete brands D400 and D600. The influence of the characteristics of paints and plaster coatings on the temperature of the beginning of condensation is estimated. The position of the planes in which condensate begins to precipitate for all the structures under consideration is determined. It is found that in enclosing structures using cement-slag plaster, the temperature of the beginning of condensation is higher than the temperature of the beginning of condensation in enclosures in which cement-vermiculite plaster is used. When using VAK "Silicate" and VAK "Silicon 2" facade paints, which are distinguished by the highest vapor permeability, this difference is maximal and amounts to 2 °C and

2,3 °C, respectively. When using VAK "Tsokol" and VAK "Acryl 1" facade paints, this difference is minimal and amounts to 0,2 °C and 0,5 °C, respectively. It has been established that when using cement-slag plaster and paints VAK "Tsokol", VAK "Acryl 1", VAK "Acryl 2", VAK "Silicone 1", VAK "Silicone 2", moisture condensation occurs at the border of aerated concrete-external finish, which creates the danger of detachment of the plaster composition from aerated concrete. These structures are also characterized by rather high temperatures of the onset of condensation from -5.4 °C and above. When using VAK "Silicate" paint and cement-slag plaster, moisture condensation begins in the thickness of aerated concrete, which is more favorable for the enclosing structure. Recommendations are given on the choice of the type of paint and the type of plaster composition for walls made of aerated concrete grades D400, D600.

Keywords: facade paint, plaster composition, humidity conditions, moisture condensation, aerated concrete.

REFERENCES

1. Loganina V.I., Makarova L.V. Plastering compounds for restoration works with the application of painted fillers [Shtukатурные составы для реставрационных работ с применением окрасочных наполнителей]. Regional architecture and construction. 2009. No. 1. Pp. 38–40 (rus)
2. Loganina V.I., Kislitsyna S.N., Zhernovsky I.V., Sadovnikova M.A. Lime finishing compositions with the use of synthesized aluminosilicates [Известковые отделочные составы с применением синтезированных алюмосиликатов]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2014. No. 2. Pp. 55–57. (rus)
3. Kraynov D.V., Sadykov R.A. The effect of moisture content on the heat-shielding properties of the enclosing structure of aerated concrete [Влияние влагосодержания на теплозащитные свойства ограждающей конструкции из ячеистого бетона]. Vestnik MGSU. 2011. No. 3. Pp. 403–410. (rus)
4. Kornienko S.V., Vatin N.I., Petrychenko M.R., Gorshkov A.S. Evaluation humidity conditions multilayer wall structure in the annual cycle [Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле]. Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 6. Pp. 19–33. (rus)
5. Loganina V.I., Frolov M.V., Ryzhov A.D. Influence of heat-insulating plaster based on lime-perlite composition on the moisture regime of the outer walls of buildings [Влияние теплоизоляционного штукатурки на основе известково перлитового состава на влажностный режим наружных стен зданий]. Regional architecture and construction. 2016. No. 1. Pp. 44–47. (rus)
6. Koroleva T.I., Arzhaeva N.V. Investigation of the possibility of condensation of water vapor in the thickness of the multilayer structure of the external fence [Исследование возможности конденсации водяного пара в толще многослойной конструкции наружного ограждения]. Regional architecture and construction. 2018. No. 2. Pp. 152–158. (rus)
7. Loganina V.I., Frolov M.V., Skachkov Yu.P. Assessment of the effect of finishing coatings on the change in the moisture regime of aerated concrete enclosing structures [Оценка влияния отделочных покрытий на изменение влажностного режима газобетонной ограждающей конструкции]. Vestnik MGSU. 2018. Vol. 13. No. 11. Pp. 1349–1356. (rus)
8. Vatin V.I., Gorshkov A.S., Glumov A.V. Effect of physical, technical and geometrical characteristics of plasters on the walls of homogeneous humidity conditions of concrete blocks [Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков]. Civil Engineering Journal. 2011. No. 1. Pp. 28–33. (rus)
9. Kupriyanov V.N., Safin I.Sh., Shamsutdinov M.R. The influence of the design of the fence on the condensation of vaporous moisture [Влияние конструкции ограждения на конденсацию паров влаги]. Housing. 2012. No. 6. Pp. 29–31. (rus)
10. Kupriyanov V.N. The basic principles of the design of external walls with limited condensation of vaporous moisture in them [Основные принципы проектирования наружных стен с ограничением конденсации в них паров влаги]. Construction and reconstruction. 2015. No. 2(58). Pp. 120–126. (rus)
11. Frolov M.V. Assessment of the humidity regime in the walls made of aerated concrete, depending on the characteristics of the external finishing coating [Оценка влажностного режима в стенах из газобетона в зависимости от характеристик наружного отделочного покрытия]. Regional architecture and construction. 2020. No. 1. Pp. 90–97. (rus)

Information about the authors

Loganina, Valentina I. DSc, Professor. E-mail: loganin@mail.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028 Penza, German Titov st., 28

Frolov, Mikhail V. PhD, Associate Professor. E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028 Penza, German Titov st., 28

Received 02.02.2021

Для цитирования:

Логанина В.И., Фролов М.В. Исследование совместного влияния штукатурных покрытий и фасадных красок на влажностный режим в стенах из газобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 19–26. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-19-26

For citation:

Loganina V.I., Frolov M.V. Study of joint influence of plaster coatings and facade paints on humidity in gas concrete walls. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 19–26. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-19-26

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-27-35

^{1,*}Усиков С.М., ²Старикова Т.С.¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет²ООО "ТС Интеграция"

*E-mail: UsikovSM@mgsu.ru

ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНТУРА ПОКВАРТИРНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Аннотация. Современные системы отопления представляют собой сложный комплекс оборудования и элементов, главной задачей которого является обеспечение комфортных условий в обслуживаемых помещениях, вне зависимости от внешних отклоняющих факторов. Системы водяного отопления с переменным гидравлическим режимом являются наиболее распространенным видом отопления во вновь возводимых жилых и общественных зданиях. Установка регуляторов перепада давления в поквартирных системах несет обязательный характер с точки обеспечения бесшумности работы и уменьшения взаимного влияния регулирующих участков. Однако, место их установки вызывает споры в профессиональном обществе. В настоящей работе рассмотрен диапазон гидравлического режима работы двух вариантов конструкции системы поквартирного отопления, применяемых в настоящей практике проектирования систем: установка только поэтажных коллекторов, с последующим подключением внутренних квартирных контуров, либо с установкой дополнительных коллекторов в каждой квартире. Предложены формулы для оценки изменения расхода теплоносителя в процессе эксплуатации при качественном индивидуальном регулировании системы. Получены значения степени открытия регуляторов во всем допустимом диапазоне работы системы, гистерезис и потери давления, создаваемой регулятором перепада давления. Сделаны выводы о рациональности применения предложенных конструкций поквартирной системы отопления.

Ключевые слова: поквартирная система отопления, регулятор перепада давления, гистерезис, гидравлический режим работы, авторитет клапана.

Введение. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения и их устойчивость представляет значительный интерес как для отечественных, так и для зарубежных исследователей. Причем вопросы проектирования систем с переменным гидравлическим режимом уже достаточно широко рассмотрены, и проектировщикам предложены соответствующие методики их расчета. Однако, система отопления в расчетном режиме работы будет находиться крайне редко, и под влиянием внутренних и внешних факторов [1] будет создавать переменный гидравлический режим в контуре системы [2]. При этом от точности регулирования и его возможности будет зависеть не только уровень теплового комфорта в обслуживаемом помещении [3], но и финансовые эксплуатационные затраты [4].

Согласно требованиям строительных норм, в системах центрального водяного отопления следует предусматривать автоматическое регулирование теплоотдачи отопительных приборов. Хотя установка дополнительных автоматических регуляторов в узлах системы (расхода, перепада давления, температуры) не несёт обязательного характера, все же в ряде случаев она необходима [5, 6].

Например, автоматические регуляторы перепада давления (АРПД) поддерживают постоянный перепад давления в узлах системы, устраняя

возмущения, которые возникают вследствие переменного гидравлического режима работы систем отопления, оборудованных термостатическими клапанами [7]. Кроме того, регуляторы АРПД активно применяются и в системах централизованного теплоснабжения, выполняя аналогичную функцию, но для более высоких нагрузок [8]. Однако, убеждение, что от количества установленных автоматических регуляторов зависит гидравлическая устойчивость системы не соответствует действительности [9, 10].

В настоящее время наблюдается широкое применение поквартирных систем водяного отопления для новых жилых зданий [11]. Сами системы обладают как преимуществами, так и рядом недостатков [12–14]. При этом разные производители отопительного оборудования предлагают несколько вариантов схем таких систем. Либо предусматривается установка поэтажных коллекторов с последующим подключением внутренних контуров квартир, либо в квартирах устанавливается дополнительная распределительная гребенка. Рассмотрим оба этих варианта.

Для исследования возьмём существующее многоквартирное жилое здание, расположенное в г. Москве (типовой этаж здания представлен на рис. 1), оборудованное по второй схеме – с установкой дополнительных квартирных коллекторов. В здании первый этаж отведен для обще-

ственных зон, а со второго и до последнего девятого этажа располагается жилая зона. Подземная

часть обслуживается отдельной системой отопления и в расчет не берется.



Рис. 1. Типовой этаж исследуемого здания

При установке АРПД (ASV-PV 5-25 кПа DN 15) на ветки для каждого потребителя будет осуществляться автоматическое регулирование контура каждой квартиры, назовём это поквартирным регулированием (рис. 2), а при установке АРПД (ASV-PV 5-25 кПа DN 25) на ветку для группы потребителей – поэтажным регулированием (рис. 2).

Естественно, второй вариант с точки зрения капитальных затрат будет более оптимальный, так как рыночная стоимость одного АРПД DN 25 значительно меньше четырех АРПД DN 15. Кроме того, сам узел будет конструктивно проще и, следовательно, будет проще в монтаже.

При проектировании и расчёте каждого из вариантов системы были получены следующие результаты. Было рассмотрено наиболее удаленное кольцо тупиковой системы, коллектор расположен на последнем этаже.

В ходе проектного расчета была определена общая потеря давления в кольце равная 96150 Па, из них:

- потеря давления в термостатическом клапане (ТСК) расчетного прибора: 7168 Па;
- потеря давления в поквартирном АРПД: 10800 Па;

- потеря давления в тепловом пункте: 30000 Па (по заданию от проектировщика теплового пункта);

- потеря давления в трубах и арматуре (кроме АРПД и ТСК) расчетного кольца: 48182 Па (удельная потеря по длине в магистралях в среднем 85 Па/м, в стояке 105 Па/м, в квартирных трубах 124 Па/м).

Для случая с установкой АРПД перед поэтажным коллектором общая потеря давления в кольце составила 93641 Па, из них:

- потеря давления в термостатическом клапане (ТСК) расчетного прибора: 7168 Па;
- потеря давления в поэтажном АРПД: 10268 Па;
- потеря давления в тепловом пункте: 30000 Па;
- потеря давления в трубах и арматуре (кроме АРПД и ТСК) расчетного кольца: 46205 Па.

Общий расход на выходе из теплового пункта, при температурном графике теплоносителя 80/60 °С составил 25979 кг/ч.

Потеря давления в АРПД определялись для обоих вариантов в соответствии с рекомендациями фирмы-производителя с учетом пропускной

способности (её значение должно быть ниже пропускной способности полностью открытого клапана, но не ниже её более чем на 60 %), а также с учетом диаметра трубы, на которую устанавлива-

ется АРПД (рис. 4). Проектный расход теплоносителя, проходящего через АРПД в случае установки его на каждую квартиру, составил 331 кг/ч, а при установке перед поэтажным коллектором 707 кг/ч.

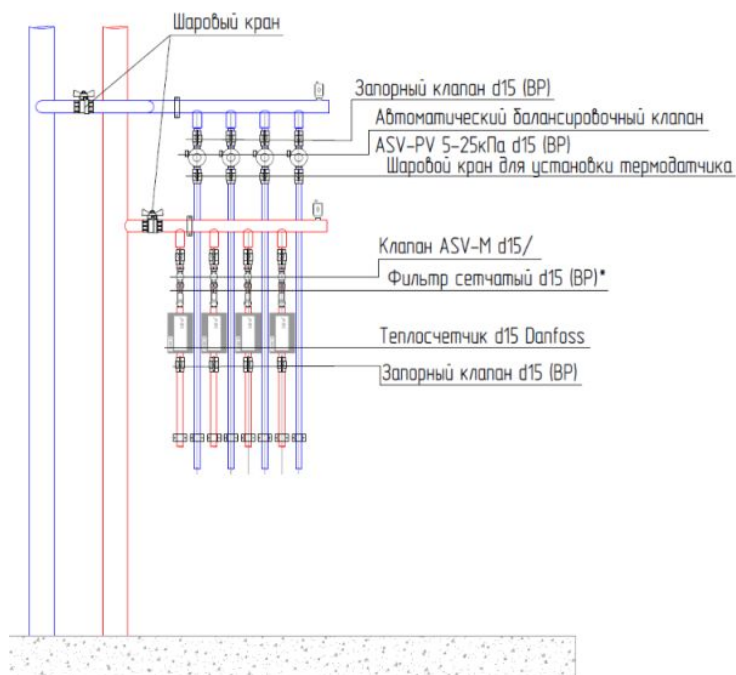


Рис. 1. Принципиальная схема поэтажного коллектора с установкой АРПД на каждый квартирный контур

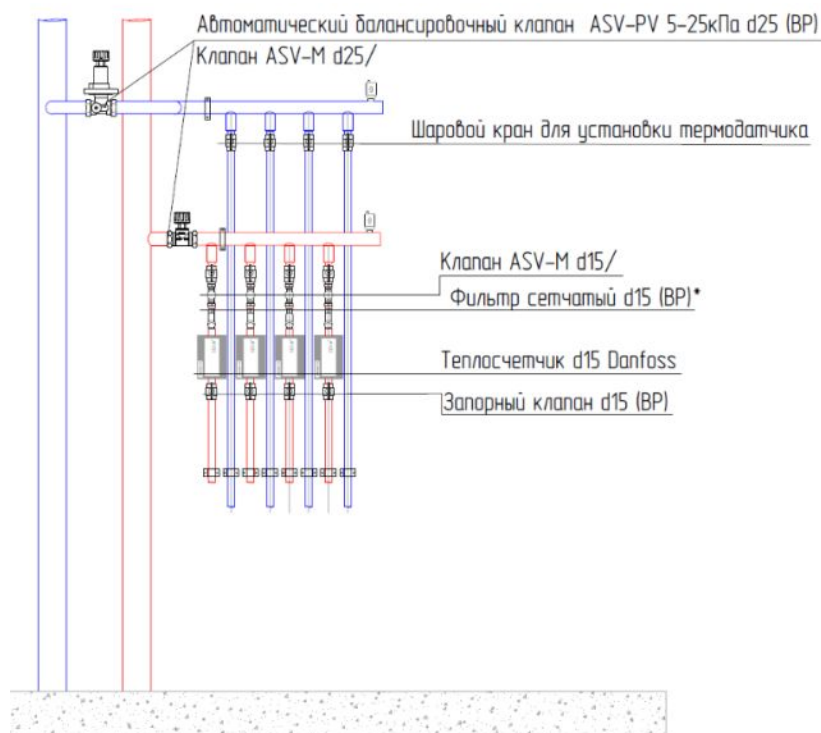


Рис. 2. Принципиальная схема поэтажного коллектора с установкой АРПД на этажный контур

Методика. Поскольку гидравлический режим работы системы, при применении термостатических клапанов, несет строго переменных характер [15–17], то необходимо проверить работу системы во всем диапазоне её работы. Но по-

скольку эта задача достаточно трудоёмкая, а информация по каждому режиму не несет большой информационной ценности, то рассмотрим крайний случай работы системы, когда все автоматические регуляторы системы будут максимально

«прижаты», то есть работать на грани полного закрытия.

Согласно СП 60.13330 в холодный период года в помещениях отапливаемых зданий, когда они не используются и в нерабочее время, следует принимать температуру воздуха ниже нормируемой, но не ниже, °С:

- 15 – в жилых помещениях;
- 12 – в помещениях общественных и административно-бытовых зданий.

Рассмотрим случай, когда здание еще не заселено, и для экономии тепловой энергии соблюдаются именно эти требования по температуре воздуха. Температуры для лестнично-лифтовых групп остаются неизменными, так как не оборудуются термостатическими клапанами.

Необходимая тепловая нагрузка участков при минимальных расходах теплоносителя определялась по формуле:

$$Q = Q_p \frac{t_b - t_n}{t_b^p - t_n}, \quad (1)$$

где Q_p – тепловая нагрузка участка в расчетном режиме, Вт; t_b^p – температура воздуха расчетная, °С; t_b – принятая температура ниже нормируемой, °С; t_n – расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки $t_s^{0,92}$, °С.

Расчет расхода теплоносителя на участке при минимальных расходах можно определить по формуле:

$$G = \bar{Q} G^p \frac{\tau_3 - \tau_2^p}{\tau_3 - \tau_p}, \quad (2)$$

где G^p – расход теплоносителя на участке при расчетном режиме, кг/ч; τ_3 – температура теплоносителя в подающем теплопроводе в расчетном режиме, °С; τ_2^p – температура теплоносителя в обратном теплопроводе в расчетном режиме, °С; τ_2 – температура обратного трубопровода при режиме работы с минимально-необходимой поддерживаемой температурой, рассчитываемая по формуле:

$$\tau_2 = (\bar{z}_3 + \bar{z}_2^p - t_b^p \frac{1}{\bar{Q}^{1+n}} - \tau_3 + t_b), \quad (3)$$

где n – эмпирический показатель степени, зависящий от конструкции отопительных приборов; $\bar{Q}$ – коэффициент, показывающий отношение тепловой нагрузки при минимальных расходах к тепловой нагрузке в расчетном режиме Q/Q_p , Вт.

Коэффициент n зависит от конструктивных особенностей отопительного прибора, и определяется в ходе проведения сертификационных экспериментальных исследований. При расчете

температурного графика системы отопления данная величина выбирается по доминирующему типу приборов [18]. В настоящем исследовании данный коэффициент принят как для биметаллических радиаторов равным 0,33.

В конструкции системы отопления предусмотрен циркуляционный насос с частотным регулированием, поддерживающий постоянный напор, равный потере давления в системе $\Delta P_{\text{сист}}$. Вне зависимости от динамического режима работы системы отопления и изменения расхода в ней, перепад давления между входным и выходным патрубком циркуляционного насоса будет поддерживаться в автоматическом режиме изменением числа оборотов рабочего колеса.

Расход теплоносителя, кг/ч, на каждом участке определялся согласно классической формуле:

$$G = \frac{3,6Q}{c(\tau_3 - \tau_2)}, \quad (4)$$

где c – теплоёмкость воды, кДж/(кг·°С).

При известном расходе теплоносителя, для поддержания минимально необходимой температуры характеристика системы примет вид линии 2 (рис. 3). При этом потеря давления в системе (или развиваемый напор насосом) не изменится. Следовательно, произойдёт перераспределение потери давления в системе между автоматическими регулирующими устройствами системы – термостатическим клапаном (ТСК) и автоматическим регулятором перепада давления (АРПД), а также в трубах системы.

Основная часть. Конструкция АРПД предусматривает поддержание перепада давления на регулируемом участке, $\Delta P_{\text{рег.уч}}$, Па, то есть:

$$\Delta P_{\text{рег.уч}} = \Delta P_{\text{тр.уч}} + \Delta P_{\text{ТСК}} = \text{const}, \quad (5)$$

или

$$\Delta P_{\text{тр.уч}} + \Delta P_{\text{ТСК}} = \Delta P'_{\text{тр.уч}} + \Delta P'_{\text{ТСК}}, \quad (6)$$

где $\Delta P_{\text{тр.уч}}$ и $\Delta P_{\text{ТСК}}$ – потери давления в трубах и арматуре регулируемого участка, и потери давления в ТСК в расчетном режиме, Па; $\Delta P'_{\text{тр.уч}}$ и $\Delta P'_{\text{ТСК}}$ – тоже самое в режиме поддержания минимальной температуры, Па.

Потеря давления в АРПД для системы отопления с поквартирным регулированием в режиме с минимальными расходами составила:

$$\Delta P'_{\text{АРПД}} = \Delta P_{\text{АРПД}} + \Delta P_{\text{тр}} - \Delta P'_{\text{тр}} = 59216 \text{ Па}$$

Внешний авторитет клапана a^+ [19] может быть определен по формуле:

$$a^+ = \frac{\Delta P_{\text{АРПД}}}{\Delta P_{\text{сист}}}. \quad (7)$$

Таким образом, авторитет клапана в расчетных условиях составил 0,112.

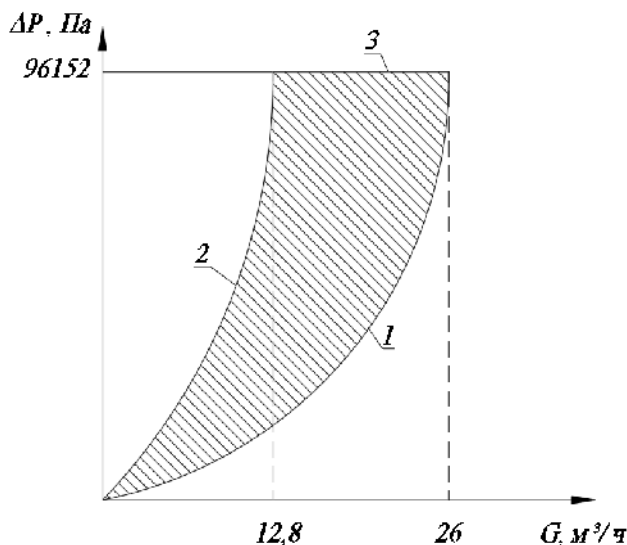


Рис. 3. Диапазон характеристики системы отопления:

1 – линия характеристики системы в рабочем режиме; 2 – линия характеристики системы в режиме работы с минимальным расходом; 3 – диапазон динамического изменения характеристики системы

Потеря давления в АРПД для системы отопления с поэтажным регулированием в режиме с минимальными расходами составила:

$$\Delta P'_{\text{АРПД}} = \Delta P_{\text{АРПД}} + \Delta P_{\text{тр}} - \Delta P'_{\text{тр}} = 56312 \text{ Па.}$$

Авторитет клапана при таком конструктивном решении в расчетных условиях составил 0,109.

Для того, чтобы определить относительную величину поднятия штока клапана, используем следующее уравнение для клапанов с линейной характеристикой [19]:

$$\frac{V}{V_{100}} = \sqrt{\frac{1}{1 - a^+ + \frac{a^+}{(h/h_{100})^2}}}, \quad (8)$$

где h – перемещение штока клапана, мм; h_{100} – полное перемещение (ход) штока клапана, мм; h/h_{100} – относительное перемещение штока клапана; V – объемный расход теплоносителя при перемещении штока h , м³/ч; V_{100} – максимально возможный объемный расход теплоносителя через клапан, м³/ч.

Для нахождения расхода теплоносителя, проходящего через АРПД, при полном открытии клапана, нужно определить режим работы, в котором это может произойти.

Сам АРПД изменяет свою пропускную способность в зависимости от разности давления под и над мембраной, с учетом дополнительной силы, прикладываемой к мембране от регулирующей пружины. Упрощая задачу исследования гидравлического режима работы каждого кольца и системы в целом, используем предложенное уравнение [19], для определения максимального

расхода теплоносителя, проходящего через АРПД, при полном поднятии штока:

$$\left(\frac{V_{100}}{V_N}\right)^2 = \frac{\Delta P_{\text{АРПД}}}{\Delta P_{\text{vs}} + \Delta P_{\text{тр.уч}} + \Delta P_{\text{ТСК}}}, \quad (9)$$

или после преобразования:

$$V_{100} = V_N \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{АРПД}}}{\Delta P_{\text{vs}} + \Delta P_{\text{тр.уч}} + \Delta P_{\text{ТСК}}}}, \quad (10)$$

где V_N – номинальный расход теплоносителя через АРПД, м³/ч; ΔP_{vs} – потеря давления в АРПД при полностью открытом клапане, Па, определяемая по формуле:

$$\Delta P_{\text{vs}} = 316^2 \left(\frac{V_N}{k_{\text{vs}}}\right)^2, \quad (11)$$

где k_{vs} – пропускная способность клапана при полном его открытии, м³/(ч·бар^{0,5}).

После преобразования формулы (8) получим зависимость степени открытия клапана АРПД от изменения гидравлического режима работы системы (изменения авторитета, и расхода теплоносителя):

$$h/h_{100} = \sqrt{\frac{V^2 a^+}{V_{100}^2 - V^2 (1 - a^+)}}.$$

Результаты расчета. Максимально возможный расход, проходящий для данной системы через АРПД V_{100} , при поквартирном регулировании составит 231 л/ч, а в режиме работы с понижением температуры воздуха до минимально-требуемой составит 83 л/ч, при этом шток клапана h будет опущен до $0,14h_{100}$.

Во втором варианте системы, с поэтажным регулированием, максимально возможный расход, проходящий через АРПД V_{100} , составит 825 л/ч, а в режиме работы с понижением температуры воздуха до минимально-требуемой составит 338 л/ч, при этом шток клапана h будет опущен до $0,15h_{100}$.

Таким образом, видно, что в обоих случаях диапазон хода штока от расчетного положения до минимального будет примерно одинаков: от

$0,49h_{100}$ до $0,14h_{100}$ в первом случае, и от $0,52h_{100}$ до $0,15h_{100}$.

Однако, для оценки качества регулирования необходимо учитывать гистерезис регуляторов [19]. Если нанести на номограмму производителя (рис. 4) расчетный режим работы АРПД и режим работы при нормативном понижении температуры, то можно определить значение гистерезиса регулирования.

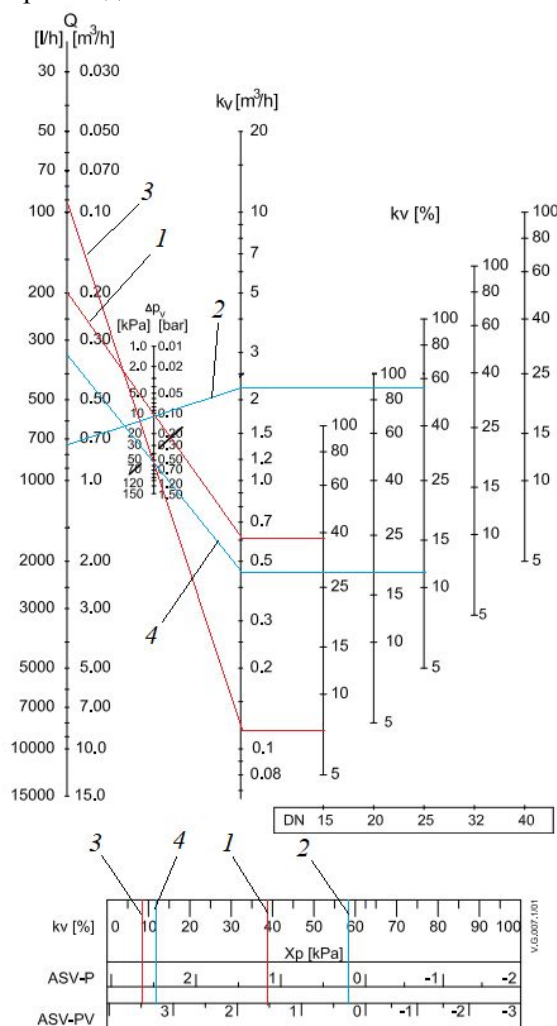


Рис. 4. Номограмма условий регулирования АРПД:

1, 2 – расчетный режим при поквартирном и поэтажном регулировании соответственно; 3, 4 – режим работы при минимальных значениях расхода при поквартирном и поэтажном регулировании соответственно

Гистерезис регулятора значительно отличается для двух вариантов. Если в первом случае его диапазон составляет от 1,5 до 3,5 кПа, то во втором случае этот диапазон значительно больше, от 0,25 до 3,25 кПа. Однако, во втором случае, при значениях достаточно близких к расчетным гистерезис в достаточно большом диапазоне будет меньше, чем для клапана во втором случае, что говорит о более точном регулировании системы.

Выводы. По итогам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Даже при наличии ограничения термостатических клапанов по минимальной температуре, что предусмотрено не в каждой конструкции термостатических клапанов, диапазон гидравлического режима работы системы достаточно велик, и уменьшение общего расхода теплоносителя в контуре может составить более чем в полтора раза от проектного расхода, и около двух раз от максимально возможного.

2. Установка АРПД на каждый квартирный контур не обеспечит лучшую гидравлическую устойчивость системы, а в некотором диапазоне

работы, наоборот, будет приводить к максимальным отклонениям поддерживаемого перепада давления.

3. Установка АРПД на поэтажный контур более рациональна и с точки зрения точности регулирования, и с точки зрения капитальных вложений в общую стоимость оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крючкова О.Ю. Вероятностно-статистическая модель климата для расчётов энергопотребления центральными системами кондиционирования воздуха // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2016. №12. С. 58–63.
2. Lin Gao, Xuyang Cui, Jiabin Ni, Wanning lei, Tao Huang, Chao Bai, Junhong Yang. Technologies in smart district heating system // 9th International conference on Applied Energy, ICAE2017, 21-24 August 2017, Cardiff, UK // Energy Procedia 142 (2017). Pp. 1829–1834.
3. Рябова Т.В., Сулин А.Б., Санкина Ю.Н. Обоснование и расчет эквивалентных параметров теплового комфорта помещения // Вестник МАХ. 2018. №2. С. 78–84.
4. Lawrence T., Aghniaey S. Optimizing thermal comfort & energy costs // ASHRAE Journal. 2019. №8. Pp. 66–68.
5. Усиков С.М., Дютин В.В. Оценка необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления на двухтрубных стояках системы водяного отопления с точки зрения возникновения шума // Известия КГАСУ. 2019. №2 (48). С. 197–203.
6. Пытков В.В. Регулирование автоматизированных систем обеспечения микроклимата // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2013. № 5 (137). С. 70–73.
7. Dinu R.C., Popescu D. Solutions with differential pressure in heating with radiators // ASHRAE Journal. 2016. № 4. Pp. 137–142.
8. Chen H., Riley J., Chen A., Williams L., Hahn W., Henry R. Pressure sustaining valves // ASHRAE Journal. 2019. №9. Pp. 24–32.
9. Милейковский В.А. Исследование переменного тепло-гидравлического режима однострунных вертикальных систем водяного отопления // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: материалы V конференции. МГСУ. 2013. С. 133–139.
10. Прохоров В.И., Усиков С.М. О рациональности применения термостатов в системах водяного отопления // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2018. №6 (198). С. 54–57.
11. Казадаев И.А., Баклушина И.В. Преимущества и особенности проектирования систем отопления с поквартирной разводкой // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России. Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 220–221.
12. Грановский В.Л., Никитина С.В. Индивидуальный учет тепловой энергии в многоквартирных домах: особенности, возможности, проблемы // АВОК. 2020. №2. С. 58–63.
13. Крупнов Б.А. Всегда ли целесообразен поквартирный учёт теплоты на отопление в современных жилых домах? // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2020. № 3 (219). С. 40–41.
14. Петрова И.В., Молочникова О.В. Проблемы возникновения "черной" плесени на наружных стенах новостроек с индивидуальным отоплением и зданий повышенной этажности с "лучевой" разводкой систем отопления // Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов. Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Института строительства и архитектуры ПГТУ. 2019. С. 234–237.
15. Kent W. Peterson. Avoiding common chilled water distribution problems // ASHRAE Journal. 2015. № 7. С. 50–56.
16. Малявина Е.Г., Петров Д.Ю. Сопряженный расчет нестационарного теплового режима водяной системы отопления и здания // Жилищное строительство. 2012. №6. С. 66–69.
17. Махов Л.М., Усиков С.М. Исследование переменного гидравлического режима системы водяного отопления под влиянием переменных теплопотреблений зданием // Научное обозрение. 2013. № 12. С. 86–89.
18. Китаев Д.Н. Современные отопительные приборы и их показатели // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2014. №1. С. 48–49.
19. Пытков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.: П ДП «Такі справи», 2010. 360 с.

Информация об авторах

Усиков Сергей Михайлович, доцент. E-mail: usikovSM@mgsu.ru. НИУ Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.

Старикова Татьяна Сергеевна, инженер-проектировщик. E-mail: redjina007@gmail.com. ООО «ТС Интеграция». Россия, 111395, Москва, Улица юности, 13а.

Поступила 03.02.2021 г.

© Усиков С.М., Старикова Т.С., 2021

^{1,*}Usykov S.M., ²Starikova T.S.

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering

²ООО "TS Integration"

EVALUATION OF HYDRAULIC CONTROL OF THE CIRCUIT OF INDIVIDUAL SYSTEM OF HEATING

Abstract. Modern heating systems are a complex set of equipment and elements, the main task of which is to provide comfortable conditions in the serviced premises, regardless of external deflecting factors. Water heating systems with variable hydraulic mode are the most common type of heating in newly constructed residential and public buildings. The installation of differential pressure regulators in individual heating systems is mandatory from the point of view of ensuring noiseless operation and reducing the mutual influence of regulatory areas. However, the location of their installation is controversial in the professional community. This paper covers the range of hydraulic modes of operation of two variants of the design of individual heating system used in this practice of system design: installation of only floor-by-floor collectors, followed by the connection of internal apartment circuits, or with the installation of additional collectors in each apartment. Formulas for estimating changes in the coolant flow rate during operation with high-quality individual control of the system are proposed. The values of the degree of opening of the regulators in the entire permissible range of operation of the system, the hysteresis and the pressure loss created by the differential pressure regulator are obtained. Conclusions are drawn about the rationality of using the proposed designs of the apartment-by-apartment heating system.

Keywords: individual heating system, differential pressure regulator, hysteresis, hydraulic operating mode, valve authority

REFERENCES

1. Kryuchkova O.Yu. Probabilistic-statistical climate model for calculating energy consumption of central air conditioning systems [Veroyatnostno-statisticheskaja model' klimata dlja raschjotov jenerGOPotreblenija central'nyh sistemami kondicionirovanija vozduha]. Plumbing, heating, air conditioning. 2016. No. 12. Pp. 58–63. (rus)
2. Lin Gao, Xuyang Cui, Jiaxin Ni, Wanning lei, Tao Huang, Chao Bai, Junhong Yang. Technologies in smart district heating system. 9th International conference on Applied Energy, ICAE2017, 21–24 August 2017, Cardiff, UK. Energy Procedia. 2017. Vol. 142. Pp. 1829–1834.
3. Rjabova T.V., Sulin A.B., Sankina Ju.N. Justification and calculation of equivalent parameters of thermal comfort of the room [Obosnovanie i raschet jekvivalentnyh parametrov teplovogo komforta pomeshhenija]. Bulletin MAX. 2018. No. 2. Pp. 78–84. (rus)
4. Lawrence T., Aghniaey S. Optimizing thermal comfort & energy costs. ASHRAE Journal. 2019. No. 8. Pp. 66–68.
5. Usikov S.M., Djutin V.V. Assessment of the need to install automatic differential pressure regulators on the double-tube risers of the water heating system from the point of view of noise generation [Ocenka neobhodimosti ustanovki avtomaticheskikh reguljatorov perepada davlenija na dvuhtrubnyh stojakah sistemy vodjanogo otoplenija s točki zrenija vznikovenija shuma]. News of KGASU. 2019. No. 2(48). Pp. 197–203. (rus)
6. Pyrkov V.V. Regulation of automated microclimate support systems [Regulirovanie avtomatizirovannyh sistem obespechenija mikroklimata]. Plumbing, heating, air conditioning. 2013. No. 5(137). Pp. 70–73. (rus)
7. Dinu R.C., Popescu D. Solutions with differential pressure in heating with radiators. ASHRAE Journal. 2016. No. 4. Pp. 137–142.
8. Chen H., Riley J., Chen A., Williams L., Hahn W., Henry R. Pressure sustaining valves. ASHRAE Journal. 2019. No. 9. Pp. 24–32.
9. Milejkovskij V.A. Study of alternating heat-hydraulic mode of single-tube vertical water heating systems [Issledovanie peremennogo teplo-gidravlicheskogo rezhima odnotrubnyh vertikal'nyh sistem vodjanogo otoplenija]. Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzhenija i ventiljacii: materialy V konferencii. MGSU. 2013. Pp. 133–139. (rus)
10. Prohorov V.I., Usikov S.M. About rational use of thermostats in water heating systems [O racional'nosti primeneniya termostatov v sistemah vodjanogo otoplenija]. Plumbing, heating, air conditioning. 2018. No. 6(198). Pp. 54–57. (rus)

11. Kazadaev I.A., Baklushina I.V. Advantages and peculiarities of design of heating systems with quaternary wiring [Preimushhestva i osobennosti proektirovaniya sistem otopeniya s pokvartirnoj razvodka]. Aktual'nye voprosy sovremennogo stroitel'stva promyshlennykh regionov Rossii. Trudy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. 2016. Pp. 220–221. (rus)

12. Granovskij V.L., Nikitina S.V. Individual accounting of thermal energy in apartment buildings: features, possibilities, problems [Individual'nyj uchet teplovoj jenerгии v mnogokvartirnykh domakh: osobennosti, vozmozhnosti, problemy]. AVOK. 2020. No. 2. Pp. 58–63. (rus)

13. Krupnov B.A. Is it always advisable to account for heating in modern residential buildings? [Vsegda li celesoobrazen pokvartirnyj uchjot teploty na otopenie v sovremennykh zhilykh domakh?]. Plumbing, heating, air conditioning. 2020. No. 3(219). Pp. 40–41. (rus)

14. Petrova I.V., Molochnikova O.V. Problems of the occurrence of "black" mold on the outer walls of new buildings with individual heating and buildings with high storeys with "radial" wiring of heating systems [Problemy vozniknoveniya "chernoj" pleseni na naruzhnykh stenakh novostroek s individual'nym otopeniem i zdaniy povyshennoj jetazhnosti s "luchevoj" razvodka sistem otopeniya]. Aktual'nye problemy stroitel'nogo i

dorozhnogo kompleksov. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Instituta stroitel'stva i arhitektury PGU. 2019. Pp. 234–237. (rus)

15. Kent W. Petron. Avoiding common chilled water distribution problems. ASHRAE Journal. 2015. No. 7. Pp. 50–56.

16. Maljavina E.G. Petrov D.Ju. Conjugate calculation of non-stationary thermal mode of water heating system and building [Sopryazhennyj raschet nestacionarnogo teplovogo rezhima vodjanoy sistemy otopeniya i zdaniya]. Housing construction. 2012. No. 6. Pp. 66–69. (rus)

17. Mahov L.M., Usikov S.M. Study of variable hydraulic mode of the water heating system under the influence of variable heat consumption of the building [Issledovanie peremennogo gidravlicheskogo rezhima sistemy vodjanogo otopeniya pod vlijaniem peremennykh teplopotreblenij zdaniem]. Nauchnoe obozrenie. 2013. No. 12. Pp. 86–89. (rus)

18. Kitaev D.N. Modern heating devices and their indicators [Sovremennye otopitel'nye pribory i ih pokazateli]. Plumbing, heating, air conditioning. 2014. No. 1. Pp. 48–49. (rus)

19. Pyrkov V.V. Hydraulic control of heating and cooling systems. Theory and practice. [Gidravlicheskie regulirovanie sistem otopeniya i ohlazhdeniya. Teoriya i praktika]. Kiev: II DP «Taki spravi». 2010. 360 p. (rus)

Information about the authors

Usikov, Sergey M. Associate Professor. E-mail: usikovSM@mgsu.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering, (NRU MSUCE). Russian Federation, 129337, Moscow, Yaroslavskoye Shosse, 26.

Starikova, Tatyana S. Designengineer. E-mail: redjina007@gmail.com. Ltd «TS Integraciya», Russian Federation, 111395, Moscow, Yunosti street, 13a.

Received 03.02.2021

Для цитирования:

Усиков С.М., Старикова Т.С. Оценка гидравлического регулирования контура поквартирной системы отопления // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 27–35. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-27-35.

For citation:

Usykov S.M., Starikova T.S. Evaluation of hydraulic control of the circuit of individual system of heating. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 27–35. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-27-35.

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-36-46

*Тирон О.В., Логачев К.И.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: tiron1997@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ ТЕЧЕНИЙ ВБЛИЗИ МЕСТНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОТСОСА ОТ СВЕРЛИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В процессе сверления выделяется значительное количество пыли, негативно влияющей на чистоту и экологию окружающего пространства, а также здоровье человека. Для обеспыливания процесса сверления бетона стандартными дрелями предложена конструкция местного отсоса – насадка. В программном комплексе SolidWorks Flow Simulation создана компьютерная модель пылевоздушного потока в разработанной насадке. Численно исследована динамика пылевых частиц, образующихся в процессе сверления. Рассмотрено поведение пылевых частиц разных размеров. В качестве критерия эффективности улавливания пылевых частиц предложено использовать величину максимального диаметра пылевых частиц, полностью улавливаемых всасывающим каналом.

Рассмотрены три варианта расположения плоскости сверления: пол, потолок, вертикальная стена. Определены зависимости величины максимального диаметра частиц пыли от расхода отсасываемого воздуха, расстояния всасывающего канала на боковой поверхности насадка до места его примыкания к плоскости сверления, радиуса всасывающего канала. Полученные результаты могут найти применение для конструирования и совершенствования систем улавливания пылевых загрязнений, образующихся в процессе сверления. Сформулированные дальнейшие направления исследования полезны исследователям занятым выявлением процессов улавливания пылевых частиц от подвижного технологического оборудования.

Ключевые слова: обеспыливание, местный отсос, пылевые частицы, численное моделирование, сверление.

Введение. Среди экологических проблем промышленных и строительных отраслей значимой проблемой является разработка энергоэффективных систем аспирации [1] – наиболее надёжного способа обеспыливания [2–3]. Главным элементом системы аспирации является местный вентиляционный отсос, который обеспечивает улавливание загрязняющих веществ, выделяющихся в непосредственной близости от источника их образования [4–6]. Энергоемкость местного отсоса прямо пропорциональна расходу воздуха, протекающего через него [3]. Поэтому за счет различных способов – механического [3, 7, 8] и аэродинамического экранирования [3, 9], активирования [10], использования вихревых

[11, 12] и закрученных [13, 14] потоков добиваются снижения расхода отсасываемого воздуха. За счет профилирования границ вихревых зон на входе в местный отсос и в других элементах воздухопроводов можно снизить потери давления, что также способствует снижению энергопотребления [15–18].

Одним из интенсивных источников пылевых делений в строительстве является сверление. При сверлении дрелью на низких оборотах в воздух может выделяться порядка 1,5 кг пыли за 1 час работы, в случае же тяжелого бурения стен с использованием ударного инструмента выделяется примерно 9 кг пыли в час (табл. 1).

Таблица 1

Содержание частиц PM₁₀ и PM_{2,5} при штроблении стен [21]

№п/п	Наименование процесса	Доля частиц частиц PM ₁₀ и PM _{2,5}
1	Штробление стен перфоратором под проводку	D _{max} 22 %–37 % от массы частиц до 20,5–25 мкм

Учитывая это, требуется использовать пылеудаляющую насадку, обеспечивающую достаточное для рабочей зоны качество воздуха – концентрация пыли должна быть не более ПДК. Зарубежные опыты (табл. 2) подтверждают необходимость использования подобных насадок [19, 20] для улавливания пыли в процессе сверления. Применяемые насадки широко представлены на

рынке сверлильных устройств (рис. 1). Целью данной статьи является разработка конструкции отечественного пылеулавливающего насадка – местного отсоса для локализации пылевых делений при сверлильных работах и определения его рациональных режимно-технических характеристик.

Таблица 2

Среднее количество вдыхаемой пыли в зависимости от наличия МВО

	Без МВО	С использованием МВО	С использованием пустотелого сверла
Количество испытаний	2		
Количество сделанных отверстий	60		
Концентрация мелкодисперсной пыли, мг/м ³	3,32	<0,124	<0,143
Масса вдыхаемой кварцевой пыли мг/м ³	0,55	<0,007	<0,007



Рис. 1. Модели пылеудаляющих насадок и местных отсосов фирм: а) Bosch; б) Metabo; в) Milwaukee; г) DeWalt, д) Интерскол

Методы, оборудование, материалы. В РФ в соответствии с ГОСТ 12.1005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» кремниевая пыль, выделяющаяся при сверлении бетона, отнесена к третьему классу опасности и имеет предельно допустимую концентрацию 2 мг/м³ [22]. Древесная пыль не так опасна, она отнесена к четвертому классу опасности, её относят к аэрозолям фиброгенного действия, способных вызывать аллергию, ПДК древесной пыли составляет 6 мг/м³ и регламенти-

руется ГН 2.1.6.3492-17 (ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: утвержден 22.12.2017 Главный государственный санитарный врач Российской Федерации от 22 декабря 2017 года №165.

Совершенствование различных механизмов может осуществляться с помощью современных программ моделирования пылевоздушных потоков SolidWorks, Ansys Fluent и Simens SX и т.д. Программный комплекс SolidWorks [23], и в

частности программа SolidWorks Flow Simulation, позволяет на основе заданной модели получить представление об аэродинамических характеристиках пылевоздушных потоков, образующихся в процессе сверлильных работ.

Предлагаемая модель устройства (рис. 2), геометрические размеры которого представлены на рис. 3, предназначена для работ как со сверлами различного диаметра, так и коронок для подрозетников диаметром до 50 мм. Модель представ-

лена следующими элементами: сверлильный патрон, сверло $\varnothing 7,5$ мм, ограждающая конструкция из кирпича, пылеудаляющая насадка с всасывающим отверстием. Для моделирования в SolidWorks использовались уравнения Навье-Стокса и неразрывности, замкнутые при помощи $k - \epsilon$ модели турбулентности [24]. Динамика пылевых частиц описывалась при помощи численного решения дифференциального уравнения их движения, коэффициент сопротивления частиц вычислялся по формуле Хендерсона [25].

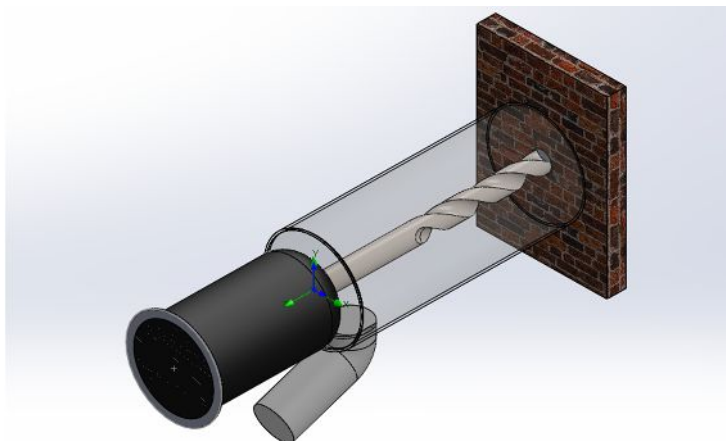


Рис. 2. 3D-модель местного отсоса

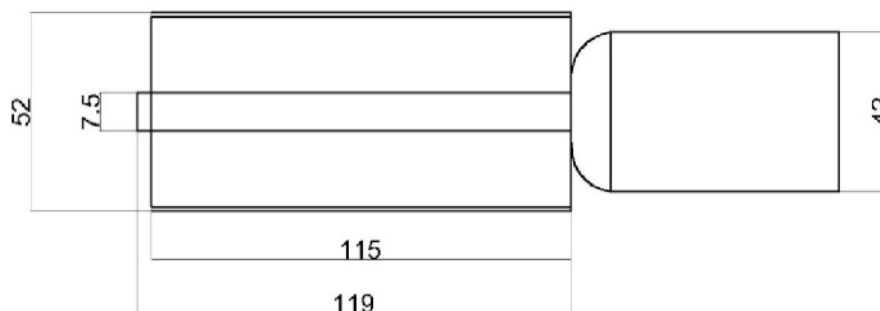


Рис. 3. Геометрические размеры устройства

В программном комплексе SolidWorks Flow Simulation возможно произвести оценку действия силы гравитации на пылевоздушные потоки, имитируя тем самым горизонтальное сверление стены, а так же вертикальное сверление пола и потолка. Для этого поочерёдно устанавливались следующие направления силы гравитации: 1 – $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ по оси Y (сверление стены); 2 – $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ по оси Z (сверление пола); 3 – $g = -9,81 \text{ м/с}^2$ (сверление потолка). Указанные оси показаны на рис. 2. Использовались следующие установки: тип задачи – внешняя, среда – воздух. Граничное условие: массовый расход воздуха в вытяжном канале, изменялся в диапазоне от 0,002 кг/с до 0,012 кг/с [26, 27]. Уровень начальной сетки установлен на отметке: 5; коэффициент

разбега до границ расчетной области: 10, т. к. модель центрирована, это позволяет получить наиболее точные значения в требуемой области.

Основная часть. В качестве критерия эффективности улавливания пыли далее используется величина максимального диаметра полностью уловленных отсосом пылевых частиц – d_{max} , мкм, число частиц заданных в расчете составило 30 шт. Производились исследования изменения d_{max} в зависимости от радиуса всасывающего отверстия и его смещения от конца насадки; различных направлений сверления и расходов всасываемого воздуха.

Вследствие изменения направления действия силы гравитации в расчётной области, направление сверления оказывает влияние на величину d_{max} . Из вычислительного эксперимента

(табл. 3) следует, что наименьшая величина $d_{\max}$ достигается при сверлении пола. Действительно, в этом случае сила тяжести в области образования пылевых частиц направлена в противополо-

ложную от скорости их захвата воздухом сторону, что не способствует их улавливанию (рис. 4). Поэтому, этот самый неблагоприятный для улавливания пыли случай рассматривается далее.

Таблица 3

Изменение $d_{\max}$ в зависимости от направления сверления

Направления сверления	Длина от отверстия до отсоса h , мм	Радиус всасывающего отверстия r , мм	Массовый расход воздуха, кг/с	Максимальный диаметр пылевых частиц $d_{\max}$, мкм
Пол	95	10	0,01	530
Потолок	95	10	0,01	610
Стена	95	10	0,01	550

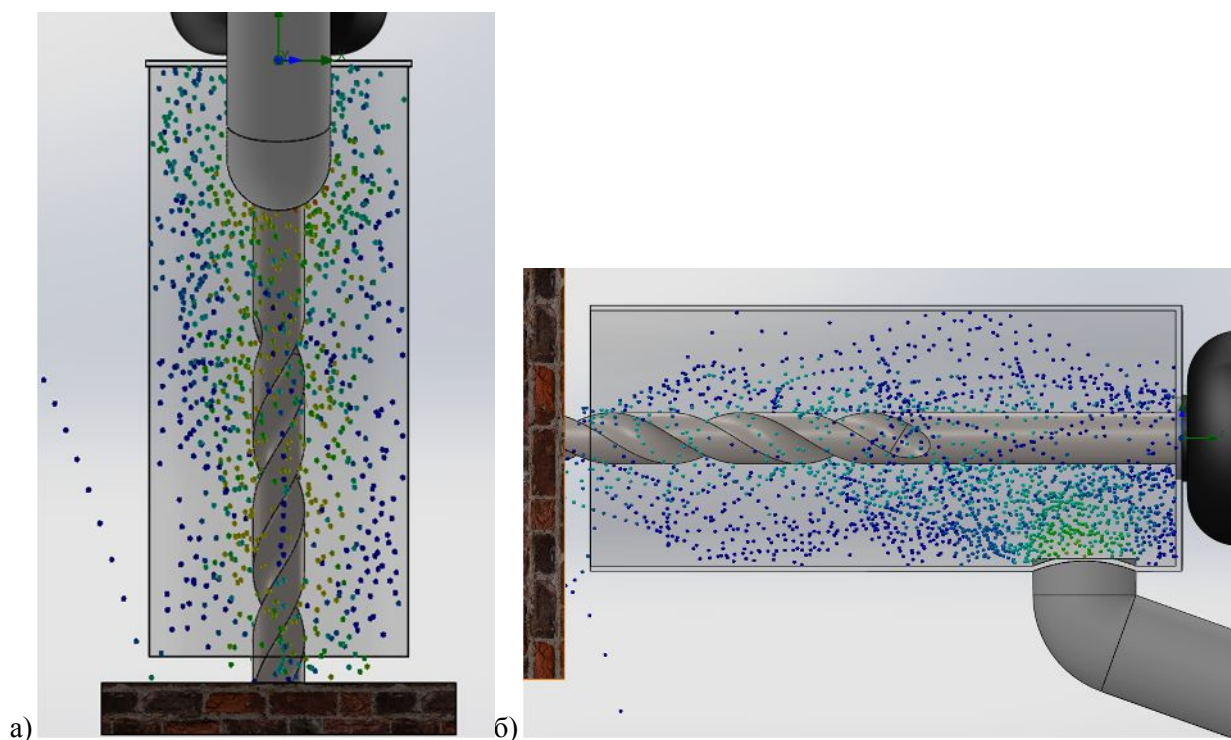


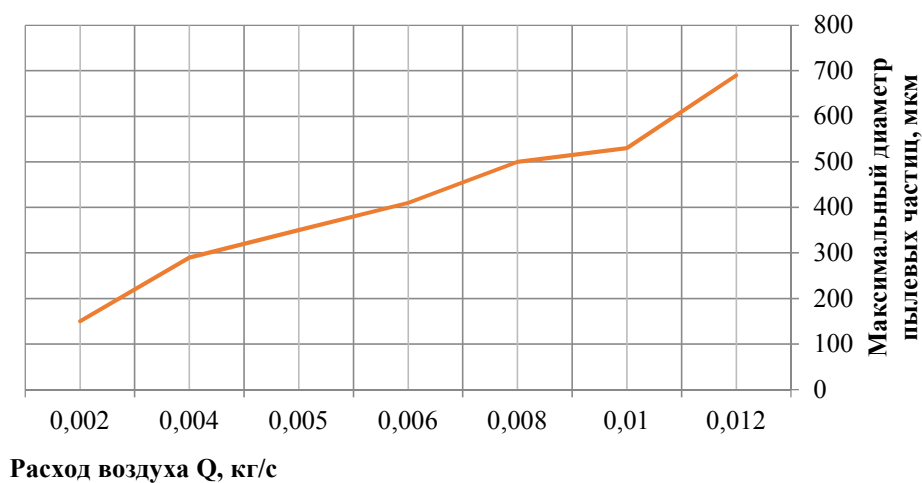
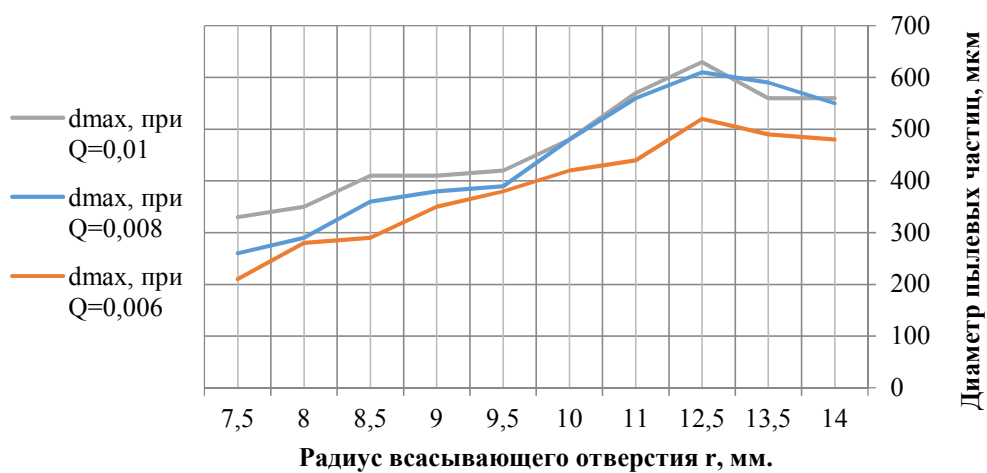
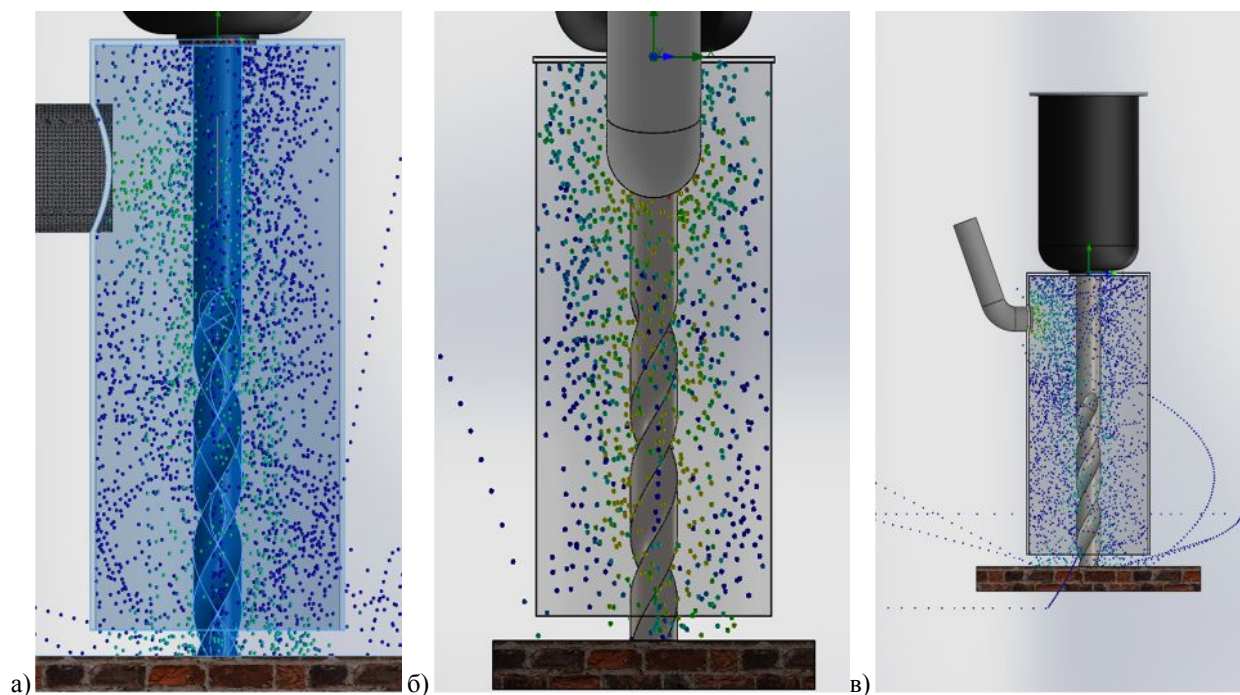
Рис. 4. Определение максимального диаметра при сверлении
а) пола; б) стены

При повышении расхода аспирируемого воздуха величина $d_{\max}$ повышается (рис. 5), что связано с увеличением скорости захвата пылевых частиц вытяжным отверстием. Однако, поскольку не рекомендуется, чтобы скорость в отсосе превышала 20 м/с из-за возникающего шума, расход воздуха Q следует принимать равным в диапазоне 0,008 кг/с – 0,01 кг/с.

При фиксированном расходе воздуха Q и увеличении радиуса r всасывающего отверстия, начиная от 7,5 мм диаметр $d_{\max}$ возрастает (рис. 6), затем достигает максимума при $r = 12,5$ мм и убывает до достижения максимально возможной для данного насадка величины $r = 14$ мм. Столь немонотонное изменение $d_{\max}$ связано, с одной

стороны, с повышением вероятности попадания частиц пыли в отсос (рис. 7) за счет увеличения его радиуса, с другой – напротив снижения скорости в отсосе при фиксированном расходе Q , что не способствует улавливанию пыли.

При фиксированных значениях радиуса r и расхода $Q = 0,01$ кг/с влияние на $d_{\max}$ величины удаления h всасывающего отверстия от конца насадка, примыкающего к месту образования пыли, также не монотонно (рис. 8). Здесь максимум достигается при $h = 75 - 85$ мм, что может быть связано с наиболее оптимальным положением всасывающего канала, при котором наблюдается снижение вихреобразования и его местного сопротивления (рис. 9, 10).

Рис. 5. Зависимость $d_{\max}$ от расхода аспирируемого воздуха при $h = 95$ мм, $r = 10$ ммРис. 6. Зависимость $d_{\max}$ от радиуса всасывающего отверстия при разных расходах Q , кг/сРис. 7. Процесс определения $d_{\max}$ для отверстий радиусом, мм
а) 12,5; б) 10; в) 5

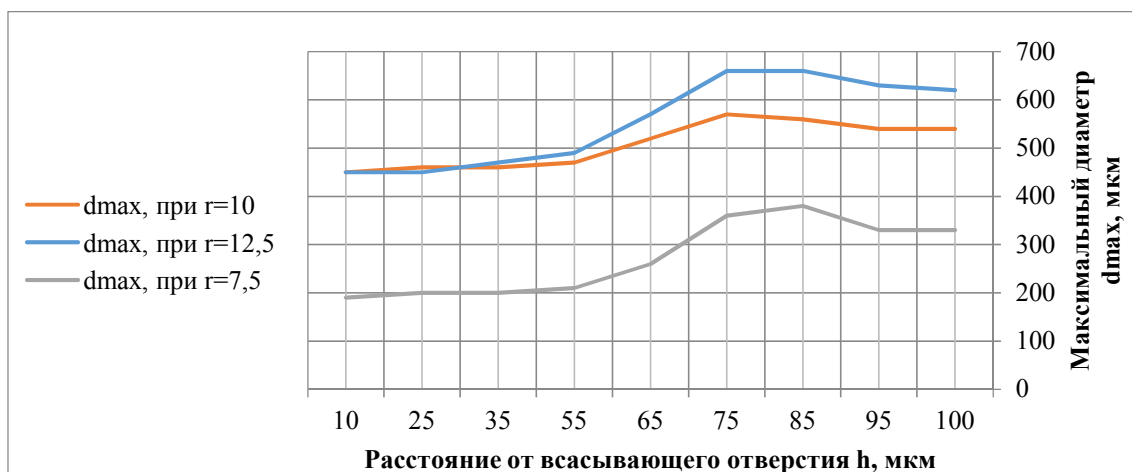


Рис. 8. Зависимость $d_{\max}$ от удалённости h всасывающего отверстия при разных радиусах r , мм и $Q = 0,01$ кг/с

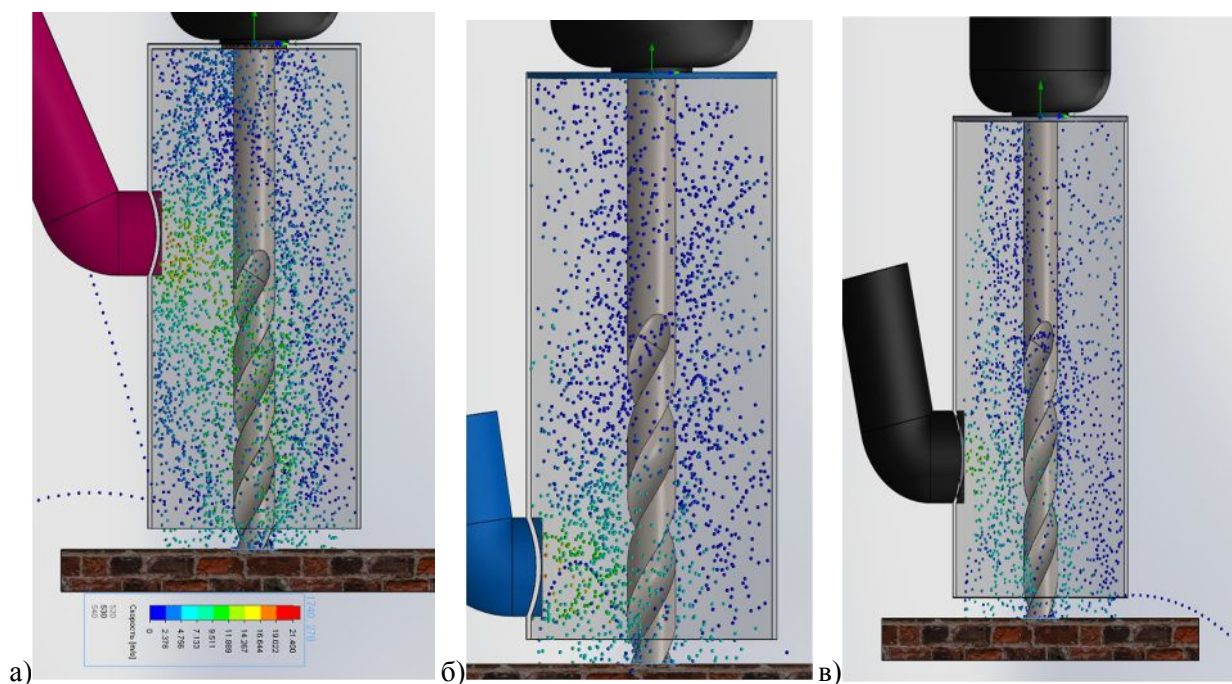


Рис. 9. Определение $d_{\max}$ в зависимости от удалённости h всасывающего отверстия, мм:
а) 65; б) 10; в) 35

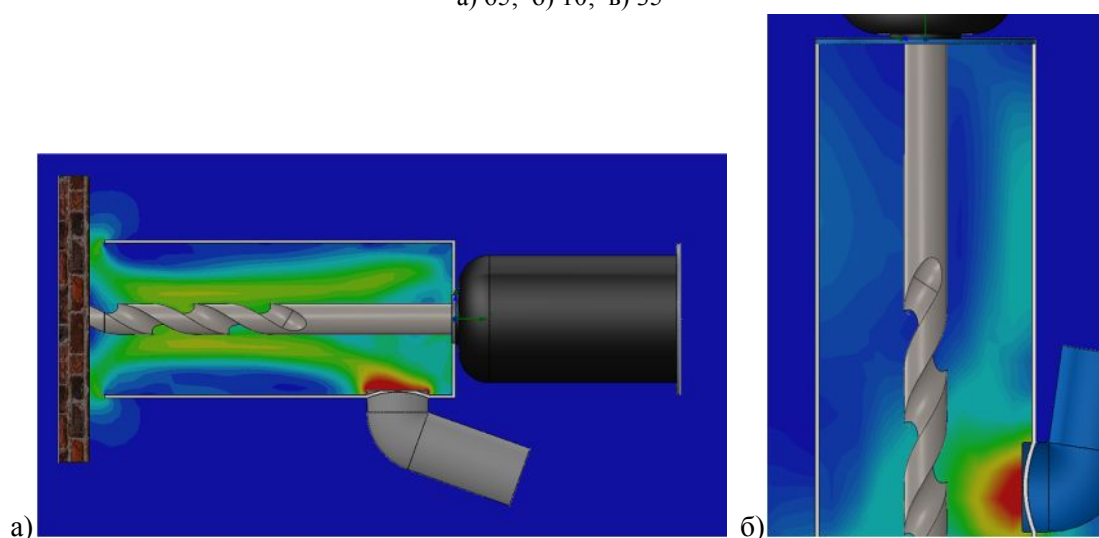


Рис. 10. Поля скоростей при сверлении а) стены, при удалении отверстия на 95мм;
б) пола, при удалении отверстия на 10мм

Дальнейшие направления исследований связаны с выявлением влияния радиуса насадка на эффективность улавливания пылевых частиц, поскольку насадки рассмотренного диаметра подходят для коронок для подрозетников менее 50 мм (рис. 11). Имеет смысл рассмотреть возможность применения двух всасывающих каналов (рис. 12) и определить влияние такой конструкции на эффективность улавливания пылевых частиц. Эффективность улавливания здесь определялась по величине максимального диаметра полностью уловленной фракции пыли. Представляет интерес использовать другие критерии эффективности. Например, отношение ко-

личества уловленных частиц к общему количеству частиц, образующихся при сверлении. Необходимо также более глубоко исследовать влияния образующихся вихревых зон на входе во всасывающий канал на коэффициент его местного сопротивления и эффективность улавливания пыли. Изучить возможность профилирования по найденным границам вихревых зон для повышения эффективности пылеулавливания. Влияние на эффективность отсоса наклона плоскости сверления и его скорости также нуждается в дальнейших исследованиях. Полученные данные компьютерного моделирования нуждаются в верификации, для чего необходимо проведение экспериментальных исследований.

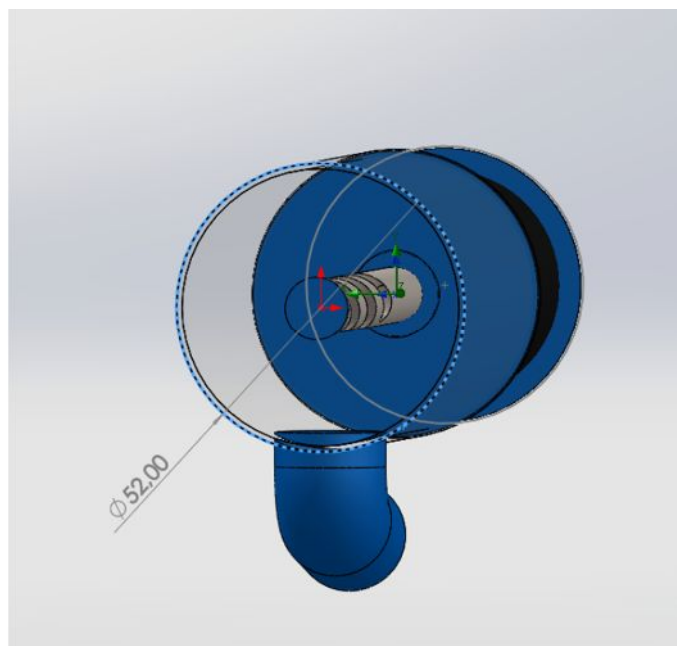


Рис. 11. Диаметр входного отверстия насадка

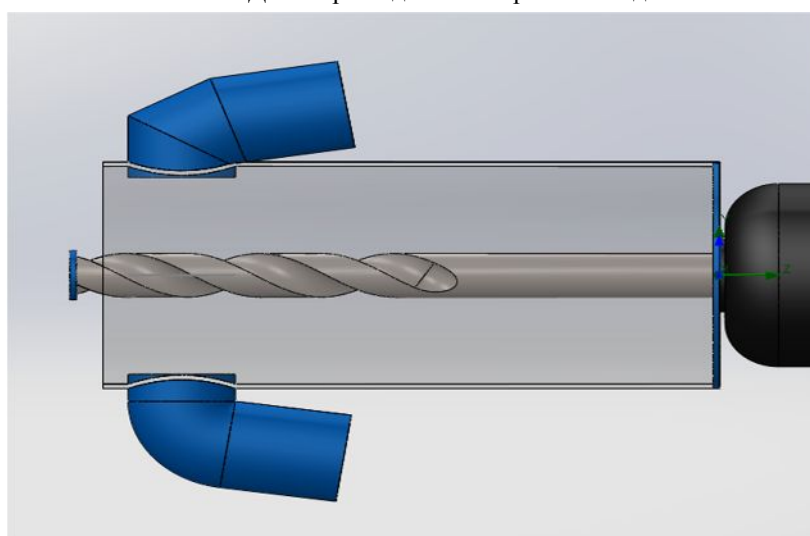


Рис. 12. Добавление второго отсоса и оценка его влияния на пылевоздушный поток

Выводы. Предложена конструкция местного отсоса – насадка для улавливания пыли, образующейся при работе стандартных дрелей. Для

выявления процессов пылеулавливания в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation

разработана математическая модель пылевоздушного потока в разработанном насадке. Численно исследована динамика пылевых частиц, образующихся в процессе сверления, и изменение величины максимального диаметра пылевых частиц, полностью улавливаемых всасывающим каналом. Выявленные зависимости влияния на величину максимального диаметра пылевых частиц: расположения плоскости сверления, расхода отсасываемого воздуха, удаленности и радиуса всасывающего канала полезны для конструирования и совершенствования систем улавливания пылевых загрязнений, образующихся в процессе сверления.

Источник финансирования. Грант Российского научного фонда (Проект № 18-79-10025).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nazaroff W.W. Four principles for achieving good indoor air quality // *Indoor Air*. 2013. Vol. 23, Pp. 353–356.
2. Lunden M., Delp W.W., Singer B.C. Capture efficiency of cooking-related fine and ultrafine particles by residential exhaust hoods // *Indoor Air*. 2015. Vol. 25. Pp. 45–58.
3. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions // CRC Press. 2015. 564p.
4. Huang Y., Lu K., Guo J., Wang Y., Zhao C., Zhai Y. Study on ventilation performance of lateral exhaust hood under the influence of two high-temperature buoyant jets // *Building and Environment*, 2020, Pp. 177.
5. Huang Y., Lu K., Wang Y., Jiang C., Cao L., Liu Y. Study on limit flow ratio method for a lateral exhaust hood above high-temperature buoyant jets // *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 54. Pp. 101969
6. Wang Y., Cao L., Huang Y., Cao Y.. Lateral ventilation performance for removal of pulsating buoyant jet under the influence of high-temperature plume // *Indoor and Built Environment*. 2020. Vol.29 No. 4. Pp.248–255.
7. Reif R.H., Houck R.S., Poor Design of Local Exhaust Hood Leads to Radioactive Release in the Work Area // *Health Phys.* 2000. Vol.78. Pp. 222–225
8. Huang R.F., Liu G.S., Chen Y.K., Yeh W.Y., Chen C.W., Chen C.C., Effects of Flange Size on Dividing Streamlines of Exterior Hoods in Cross Drafts // *Occup. Environ.* 2004. Vol. 1. Pp. 283–288.
9. Chern M.J., Cheng W.Y., Numerical investigation push-pull and exhaust of turbulent diffusion in fume cupboards // *Ann. Occup.* 2007. Vol. 51. No. 6. Pp. 517–531.
10. Kulmala I., Hynynen P., Welling I. Local ventilation solution for large, warm emission sources // *Ann. Occup.* 2007. Vol. 51. No. 1. Pp. 35–43.
11. Zhao R., Qian H., Liu L., Zheng X. Comprehensive performance evaluation of a novel Aaberg exhaust system reinforced by a swirling jet // *Building and Environment*. 2020. Vol. 167. Pp. 106451.
12. Wang P., Feng T., Liu R. Characteristics Study of the Swirl Air Curtain Exhaust Hood // *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. 2010. Vol. 4. Pp. 1–5.
13. Yan Y., Li X., Tu J., Feng P., Zhang J. Characterisation and analysis of indoor tornado for contaminant removal and emergency ventilation // *Building and Environment*. 2019. Vol. 164. Pp. 107106.
14. Cao Z., Zhai C., Wang I., Zhao T., Wang H. Flow characteristics and pollutant removal effectiveness of multi-vortex ventilation in high pollution emission industrial plant with large aspect ratio // *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 54. Pp. 101990.
15. Зиганшин А.М., Батрова К.Э., Гимадиева Г.А. Численное определение характеристик течения через последнее боковое отверстие в воздуховоде // *Известия ВУЗов. Строительство*. 2018. № 7. С. 53–65.
16. Зиганшин А.М., Наумов Т.А. Повышение энергоэффективности вентиляционного фасонного элемента в виде внезапного расширения // *Известия ВУЗов. Строительство*. 2019. № 6. С. 53–65.
17. Ziganshin A.M., Logachev K.I. Minimizing local drag by shaping a flanged slotted hood along the boundaries of vortex zones occurring at inlet // *Build. Eng.* 2020. Vol. 32. Pp. 101666
18. Logachev K. I., Ziganshin A.M., Popov E.N., Averkova O.A., Kryukova O.S., Gol'tsov A.B. Experiment determining pressure loss reduction using a shaped round exhaust hood // *Building and Environment*. 2021. Vol. 181. Pp. 107124.
19. Rempel D., Barr A., Cooper M.R.. Effect of hollow bit local exhaust ventilation on respirable quartz dust concentrations during concrete drilling // *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2019. Vol. 5. No. 16. Pp. 336–340.
20. Shephred S., Woskie S.R., Holcroft C., Ellenbecker M. Reducing Silica and Dust Exposures in Construction During Use of Powered Concrete-Cutting Hand Tools: Efficacy of Local Exhaust Ventilation on Hammer Drills // *Journal of Occupational and Environmental hygiene*. 2009. Vol. 6. No. 1. Pp.42–51.
21. Петренко Л.К., Манжилевская С.Е., Тутаев А.А., Тимошенко Е.В. Организация мероприятий по охране атмосферного воздуха на

строительных площадках от воздействия мелко-дисперсной пыли // Инженерный вестник Дона. 2019. №1. С. 11

22. Немчинова Н.В., Минеева Т.С., Никаноров А.В. Проблемы экологической безопасности алюминиевого и кремниевого производств // Современные проблемы науки и образования. 2013. №3. С. 93

23. Matsson J. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2010. SDC Publication, Mission, Kansas (USA). 2010. 297 p.

24. Алямовский А.А. Solid Works 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 1042 с.

Информация об авторах

Логачев Константин Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: kilogachev@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тирон Олег Викторович, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: tiron1997@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 09.02.2021 г.

© Тирон О.В., Логачев К.И., 2021

***Tiron O.V., Logachev K.I.**

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: tiron1997@gmail.com

NUMERICAL SIMULATION OF DUST-AIR FLOWS NEAR THE LOCAL VENTILATION EXTRACTION FROM DRILLING EQUIPMENT

Abstract. A significant amount of dust is released during the drilling process. It negatively affects the cleanliness and ecology of the surrounding space, as well as human health. The design of a local extraction nozzle is proposed for dedusting the process of drilling concrete with standard drills. A computer model of the dust-air flow in the developed nozzle is created in the software package SolidWorks Flow Simulation. The dynamics of dust particles formed during drilling is numerically studied. The behavior of dust particles of different sizes is considered. It is proposed to use the value of the maximum diameter of dust particles completely captured by the suction channel as a criterion for the efficiency of dust particle capture. Three variants of the drilling plane arrangement are considered: floor, ceiling and vertical wall. The dependences of the maximum diameter of dust particles on the intake air flow rate, the distance of the extraction channel on the side surface of the nozzle to the place of its abutment to the drilling plane, and the radius of the suction channel are determined. The results obtained can be used to design and improve systems for capturing dust pollution generated during drilling. The formulated further directions of research are useful for researchers engaged in identifying the processes of capturing dust particles from mobile technological equipment.

Keywords: dedusting, local extraction, dust particles, numerical simulation, drilling.

REFERENCES

1. Nazaroff W.W. Four principles for achieving good indoor air quality. Indoor Air. 2013. Vol. 23, Pp. 353–356.

2. Lunden M., Delp W.W., Singer B.C. Capture efficiency of cooking-related fine and ultrafine particles by residential exhaust hoods. Indoor Air. 2015. Vol. 25. Pp. 45–58.

3. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes

25. Henderson C.B. Drag Coefficients of Spheres in Continuum and Rarefied Flows // AIAA Journal. 1976. Vol. 14, No. 6. Pp. 103–112.

26. Тирон О.В. Способы и средства локализации пылевыведений от сверлильного оборудования // Молодёжь и научно-технический прогресс. 2020. С. 317–321.

27. Тирон О.В. Определение рациональной мощности всасывания пылеудаляющей насадки для ударного инструмента // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. 2020. С. 4052–4057.

and Calculations of Dust Emissions. CRC Press. 2015. 564 p.

4. Huang Y., Lu K., Guo J., Wang Y., Zhao C., Zhai Y. Study on ventilation performance of lateral exhaust hood under the influence of two high-temperature buoyant jets. Building and Environment, 2020, Pp. 177.

5. Huang Y., Lu K., Wang Y., Jiang C., Cao L., Liu Y. Study on limit flow ratio method for a lateral exhaust hood above high-temperature buoyant jets.

Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 54. Pp. 101969

6. Wang Y., Cao L., Huang Y., Cao Y.. Lateral ventilation performance for removal of pulsating buoyant jet under the influence of high-temperature plume. *Indoor and Built Environment*. 2020. Vol.29 No. 4. Pp.248–255.

7. Reif R.H., Houck R.S., Poor Design of Local Exhaust Hood Leads to Radioactive Release in the Work Area. *Health Phys.* 2000. Vol.78. Pp. 222–225

8. Huang R.F., Liu G.S., Chen Y.K., Yeh W.Y., Chen C.W., Chen C.C., Effects of Flange Size on Dividing Streamlines of Exterior Hoods in Cross Drafts. *Occup. Environ.* 2004. Vol. 1. Pp. 283–288.

9. Chern M.J., Cheng W.Y., Numerical investigation push-pull and exhaust of turbulent diffusion in fume cupboards. *Ann. Occup.* 2007. Vol. 51. No. 6. Pp. 517–531.

10. Kulmala I., Hynynen P., Welling I. Local ventilation solution for large, warm emission sources. *Ann. Occup.* 2007. Vol. 51. No. 1. Pp. 35–43.

11. Zhao R., Qian H., Liu L., Zheng X. Comprehensive performance evaluation of a novel Aaberg exhaust system reinforced by a swirling jet. *Building and Environment*. 2020. Vol. 167. Pp. 106451.

12. Wang P., Feng T., Liu R. Characteristics Study of the Swirl Air Curtain Exhaust Hood. *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. 2010. Vol. 4. Pp. 1–5.

13. Yan Y., Li X., Tu J., Feng P., Zhang J. Characterisation and analysis of indoor tornado for contaminant removal and emergency ventilation. *Building and Environment*. 2019. Vol.164. Pp. 107106.

14. Cao Z., Zhai C., Wang I., Zhao T., Wang H. Flow characteristics and pollutant removal effectiveness of multi-vortex ventilation in high pollution emission industrial plant with large aspect ratio. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 54. Pp. 101990

15. Ziganshin A.M., Batrova K.E. Gimadieva G.A. Numerical determination of flow characteristics through the last side hole in the air duct [Chislennoe opredelenie harakteristik techeniya cherez poslednee bokovoe otverstie v vozduhovode]. *Izvestiya VUZov*. 2018. No. 7. Pp. 53–65 (rus.)

16. Ziganshin A.M., Naumov T.A. Improving the energy efficiency of a ventilation shaped element in the form of a sudden expansion [Povyshenie energoeffektivnosti ventilyacionnogo fasonnogo elementa v vide vnezapnogo rasshireniya]. *Izvestiya VUZov*. 2019. No. 6. Pp. 53–65. (rus)

17. Ziganshin, A.M., Logachev K.I. Minimizing local drag by shaping a flanged slotted hood

along the boundaries of vortex zones occurring at inlet. *Build. Eng.* 2020. Vol. 32. Pp. 101666

18. Logachev K.I., Ziganshin A.M., Popov E.N., Averkova O.A., Kryukova O.S., Gol'tsov A.B. Experiment determining pressure loss reduction using a shaped round exhaust hood. *Building and Environment*. 2021. Vol. 181. Pp. 107124.

19. Rempel D., Barr A., Cooper M.R.. Effect of hollow bit local exhaust ventilation on respirable quartz dust concentrations during concrete drilling. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2019. Vol. 5. No. 16. Pp. 336–340.

20. Shephred S., Woskie S.R., Holcroft C., Ellenbecker M. Reducing Silica and Dust Exposures in Construction During Use of Powered Concrete-Cutting Hand Tools: Efficacy of Local Exhaust Ventilation on Hammer Drills. *Journal of Occupational and Environmental hygiene*. 2009. Vol. 6. No. 1. Pp. 42–51.

21. Petrenko L.K., Manzhilevskaya S.E., Tut-aev A.A., Timoshenko E.V. Organization of measures for the protection of atmospheric air on construction sites from the effects of fine dust [Organizaciya meropriyatij po ohrane atmosfernogo vozduha na stroitel'nyh ploschadkah ot vozdejstviya melkodispersnoj pyli]. *Engineering Bulletin of the Don*. 2019. No. 1. Pp. 11 (rus)

22. Nemchinova N. V., Mineeva T. S., Nikanorov A.V. Problems of ecological safety of aluminum and silicon production [Problemy ekologicheskoy bezopasnosti alyuminievogo i kremnievogo proizvodstv]. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 3. Pp. 93. (rus)

23. Matsson J. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2010. SDC Publication, Mission, Kansas (USA). 2010. Pp. 297.

24. Alyamovsky A.A. SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice [SolidWorks 2007/2008. Kompjuternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike] St. Petersburg: BHV-Petersburg. 2008. Pp. 1042 (rus)

25. Henderson C.B. Drag Coefficients of Spheres in Continuum and Rarefied Flows. *AIAA Journal*. 1976. Vol. 14, No. 6. Pp. 103–112.

26. Tiron O.V. Methods and means of localization of dust emissions from drilling equipment [Sposoby i sredstva lokalizacii pylevydelenij ot sverlil'nogo oborudovaniya]. *Youth and scientific and technological progress*. 2020. Pp. 317–321 (rus)

27. Tiron O.V. Determination of the rational suction power of a dust-removing nozzle for a percussion instrument [Opredelenie racionalnoj moschnosti vsasyvaniya pyleudalyayuschej nasadki dlya udarnogo instrumenta]. *International Scientific and Technical Conference of Young Scientists*. 2020. Pp. 4052–4057 (rus)

Information about the authors

Logachev, Konstantin I. DSc, Professor. E-mail: kilogachev@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Tiron, Oleg V. Master's Degree student. E-mail: tiron1997@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 09.02.2021

Для цитирования:

Тирон О.В., Логачев К.И. Численное моделирование пылевоздушных течений вблизи местного вентиляционного отсоса от сверлильного оборудования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 36–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-36-46

For citation:

Tiron O.V., Logachev K.I. Numerical simulation of dust-air flows near the local ventilation extraction from drilling equipment. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 36–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-36-46

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-47-63

**Монастырская М.Е., Песляк О.А.*

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: *gradoved@gmail.com

СПЕЦИФИКА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ КРУПНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СКАНДИНАВСКИХ СТРАНАХ. ЧАСТЬ II: ПАРИТЕТНОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В НОРВЕГИИ

Аннотация. В статье обоснованы актуальность и целесообразность пролонгации исследования процессов стратегического, детального и текущего планирования крупных, типологически дифференцированных форм урбанизации, а также - реализации градостроительной документации в наиболее развитых странах Северной Европы. Представлены результаты изучения специфики и тенденций становления, развития и функционирования системы пространственного стратегирования и градостроительного планирования и проектирования в Королевстве Норвегия: ее институциональных, парадигмальных, технологических и организационных составляющих. Показано, что значительные отличия норвежской системы градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий от ее датского, шведского, финского аналогов обусловлены, с одной стороны, национальной спецификой градоформирования, а, с другой, относительной независимостью сферы пространственной организации среды обитания Норвегии – партнера Европейского Союза, - от установленных для его членов градостроительных стандартов. Отмечено, что базовым трендом совершенствования системы долгосрочного, среднесрочного, краткосрочного и текущего планирования в Королевстве Норвегия является сегодня достижение и утверждение паритетности регионального и муниципального планирования, что способствует «прозрачности», предсказуемости, гуманистической социально-экологической направленности градостроительной политики, осуществляемой в этой стране, а также инициирует поиск разнообразных форм и повышает эффективность участия населения в процессах формирования и воплощения градостроительных решений. Итоги исследования могут служить информационно-теоретическим и методическим обеспечением пространственного стратегирования и градостроительного планирования приоритетных и приграничных геостратегических территорий России, истари сопричастных «Балтийской морской цивилизации».

Ключевые слова: градостроительное планирование, Норвегия, региональное и муниципальное планирование, метрополитенская территория, метрополитенский регион, урбанизированный регион

Введение. Настоящая статья продолжает и развивает тему изучения «специфики, парадигм, регулятивных институтов и механизмов, а также – технологий сдерживания и управления процессами урбанизации в развитых странах Северной Европы, <...> которое осуществляется <...> посредством эффективного по критериям устойчивого развития градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий» [1], частично уже раскрытую нами на страницах Вестника БГТУ им. В.Г. Шухова в публикациях, посвященных позитивному опыту стратегического (долгосрочного, среднесрочного), детального (среднесрочного, краткосрочного) и текущего планирования в Финляндии и Швеции.

Актуальность пролонгации такого исследования во многом обусловлена «отсутствием научно обоснованной и законодательно закрепленной типологической дифференциации системных форм урбанизированного расселения – «типов территорий, различающихся условиями жизни и хозяйствования, а также выполняемыми ими функциями в социально-экономическом раз-

витии» [2, 3] России, что порождает «многочисленные реальные проблемы в области конкретного градорегулирования и градостроительного проектирования» [4, 5]. По Митягину, субъекты градостроительных отношений регионального и муниципального рангов вынуждены сегодня, разрабатывая и принимая ответственные градостроительные решения, «пользоваться устаревшей нормативно-методической и теоретической базой, положения которой не могут быть адекватны действующему Градостроительному кодексу и новым социально-экономическим» [6] приоритетам, тенденциям и укладу; отраслевая и объектная парадигмы «ведения планово-прогнозной деятельности» [6], унаследованный от советской эпохи институт пространственной организации территорий нашей страны, несовершенные технологии градостроительного планирования и алгоритмы реализации планово-прогнозных и проектных решений, жёсткие модели управления [6, 7] процессами становления и функционирования крупных урбанизированных территорий, как правило, не соответствуют их

типологической принадлежности и уровню фактического развития [3]. Таким образом, «сложившийся к настоящему времени механизм прогнозно-плановой деятельности», существующий в «виде отдельных инструментов, организационно разобщенных и не обеспечивающих на всех уровнях планирования преемственности и последовательности в детализации» [6] принятых решений, негативно сказывается на качестве «чрезвычайно дефицитного и дорогого ресурса» [8] – планировочно обустроенных урбанизированных пространств и мест обитания.

В Скандинавских странах, характеризующихся высочайшим уровнем градостроительной культуры и образования, прозрачностью градостроительной политики – «точкой сборки» всех иных политик и стратегий» [8], осознанием территориальными общностями региональной градостроительной идентичности [9], побуждающей участников градостроительных отношений контролировать баланс традиций, новаций и инноваций в градообразовании, а также перманентной адаптивностью к непрерывно меняющимся условиям пространственной организации среды жизнедеятельности населения «систем градостроительного планирования, проектирования и управления развитием высокоурбанизированных территорий» [3], подобная проблема практически отсутствует. Типологически дифференцированные формы урбанизации системного толка: городские агломерации, конурбации, города-регионы, метрополитенские территории и регионы, функциональные урбанизированные территории и урбанизированные регионы [10], – являются сегодня актуальными, вполне рядовыми, но, при этом, состоятельными в средовом отношении объектами градостроительной деятельности в Швеции, Норвегии и Дании [11]. Поэтому не случайно именно эти страны – наиболее стабильные, благополучные и «харизматичные» государства Северной Европы, являющиеся маркерами успешности и креативности динамичного развития макрорегиона Балтийского моря [12], рассматриваются сегодня европейским сообществом в качестве «экспериментальной площадки», «своеобразной «лаборатории Европы» [13], где отрабатываются инновационные технологии пространственного и градостроительного планирования современных форм европейской урбанизации, а также – новаторские модели организации управления их становлением и развитием» [11]. Инновационность и новаторство урбосредоуправления в совокупности с региональной спецификой и национальными традициями градостроительной деятельности, осуществляемой сегодня в Дании, Норвегии и Швеции, обеспечи-

вают комфортность, информативность, безопасность и эстетическую привлекательность социально-пространственной среды Скандинавии для ее обитателей.

Таким образом, целесообразность продолжения научных изысканий в сфере скандинавской урбанистики и градостроительства, мотивируется и продиктована необходимостью формирования ёмкой информационно-теоретической базы, вариативного и гарантированно эффективного методического обеспечения процессов совершенствования и оптимизации по критерию устойчивого развития территорий и поселений действующей сегодня в России системы градостроительного планирования крупных урбанизированных образований, которая в силу своей парадигмальной, методологической и технологической отсталости [6], а также институциональной, регулятивной и организационной неупорядоченности препятствует полноценной реализации базовых трендов Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2025 года (*далее Стратегии*): «агломерационного» и «геостратегического» [2].

Геостратегический подход к пространственной организации территории нашей страны, прямо влияющий на принятие градостроительных решений, требует, на наш взгляд, дополнительного разъяснения. По Бухвальду-Иванову, введение авторами Стратегии в научно-практический оборот «категории так называемых геостратегических территорий» [14], определение их основных форм (видов) [2], формирование экономико-географической типологии [15], постановка приоритетной задачи и назначение общих направлений их социально-экономического развития, а также – разработка механизмов поддержки [2] являются «значимыми институциональными новациями» [14]. Эти новации – компоненты «институционально-инструментального аппарата» продвижения политики регионального развития страны, задают новый вектор «практике государственного долгосрочного стратегического планирования» [14]: они призваны способствовать достижению цели пространственной организации РФ – устойчивого и эффективного развития территорий государства, обеспечивающего «развитие человеческого капитала, повышение темпов экономического роста и национальную безопасность страны» [2].

К геостратегическим территориям РФ, согласно Стратегии, подготовленной Минэкономразвития России в соответствии с Федеральным законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [2, 16], относятся территории, «имеющие

существенное значение для обеспечения устойчивого социально-экономического развития, территориальной целостности страны и безопасности государства» [2, 15]. К таким объектам пространственного стратегирования различных типов и видовой принадлежности разработчиками Стратегии причислен ряд субъектов СЗФО, входящих в границы Балтийского региона, очерченным сообразно сферам и установкам реализации программы VASAB (Visions and Strategies around Baltic Sea – Модели и стратегии вокруг Балтийского моря) [16, 17, 18], а именно: Калининградская, Ленинградская, Мурманская, Псковская области, Республика Карелия [2].

Калининградская область, характеризующаяся эксклавным экономико-географическим положением в границах нашей страны, а также Мурманская область и северная часть территории Республики Карелия, относящиеся, по Малинину, одновременно к двум видам геостратегических территорий (принадлежность к Арктической зоне России и пограничное положение относительно стран, входящих в ЕЭС, а также других

стран или стран, входящих в ЕС; уровень экономического развития ниже среднероссийских показателей) [2, 18, 19], причислены авторами Стратегии к типу приоритетных геостратегических территорий [19]. Ленинградская же и Псковская области, а также южная часть территории Республики Карелия отнесены разработчиками Стратегии к типу приграничных геостратегических территорий [19] (рис. 1):

1) Ленинградская область и южная часть территории Республики Карелия в качестве субъектов федерации, граничащих со странами, входящими в Европейский союз [2], с уровнями экономического развития выше и ниже среднероссийских показателей соответственно [18, 19];

2) Псковская область в качестве субъекта федерации, граничащего со странами, входящими в Евразийский экономический союз, а также другими странами или странами, входящими в Европейский союз [2], с уровнем экономического развития ниже среднероссийских показателей [18, 19].

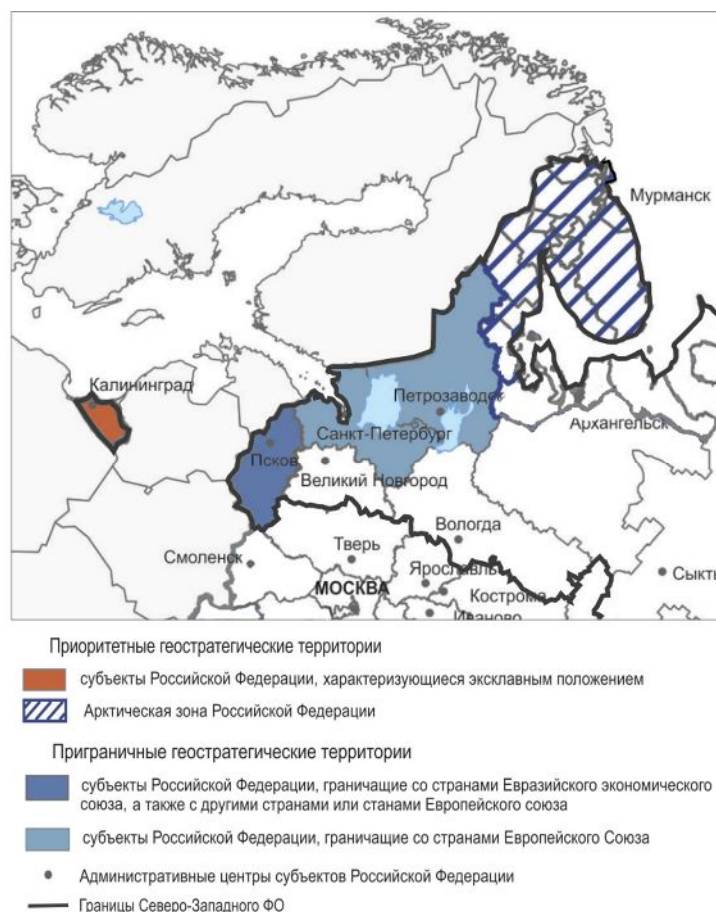


Рис. 1. Геостратегические территории СЗФО РФ

Все, перечисленные выше геостратегические территории России, локализованные в границах ее Северо-Западного макрорегиона и истари интегрированные с «Балтийской морской

цивилизацией» [20], вне зависимости от их типа и/или вида являются приграничными административно-территориальными образованиями РФ

регионального ранга и, таким образом, – субъектами активного трансграничного (международного), трансрегионального (межрегионального) и приграничного (межмуниципального) сотрудничества, в том числе в сфере пространственного планирования (наземного, морского, подземного) [12, 15, 17, 18, 21]. В этом смысле «стратегическое и территориальное планирование приграничных субъектов Российской Федерации и приграничных муниципальных образований с учетом планов развития приграничных регионов соседних стран» [2], предписанное Стратегией, представляют собой актуальную, целесообразную и исключительно перспективную градостроительную деятельность.

Как известно, на Западе Россия граничит с государствами Балтии (*Эстония, Латвия*) и Польшей, а на Северо-Западе – со странами Фенноскандии (*Норвегия, Финляндия*). Королевство Норвегия, принадлежащее в физико-географическом отношении к регионам Баренцева, Норвежского и Северного морей [17], а в цивилизационном контексте выступающее как значимая компонента обширного «циркумбалтийского пространства» [22], – единственное государство Скандинавии, непосредственно граничащее с Российской Федерацией в «зоне косвенного влияния Балтийского моря» [18] и являющееся многовековым партнером нашей страны в части стабильного и эффективного приграничного «межрегионального и межмуниципального сотрудничества», «всестороннее содействие развитию» которого заявлено в качестве общего принципа реализации Стратегии [2]. Поэтому особенности становления и развития, специфика и актуальные тренды современного функционирования системы градостроительного планирования Норвегии, состав и содержание градостроительной документации регионального и местного уровней обустройства среды обитания, представляют для нас несомненный интерес: не только информационно-теоретический, но и сугубо практический.

Определенную значимость результаты наших исследований могут иметь не только для Мурманской области с одноименным административным центром – геостратегической территории России, сопредельной норвежской фюльке (губернии, округу, региону) Финмарк (Finnmark) с административным центром Вадсё (Vadsø), – но и для иных геостратегических «площадок» нашей страны, входящих в границы Балтийского региона в его «расширенном понимании» [18]. Концептуально-методологическое, планово-прогнозное и практическое использование результатов научных изысканий позволит «более оперативно и успешно решать проблемы обустройства системных форм урбанизации <...> в нашей

стране» [1] в контексте выполнения одной из приоритетных задач, поставленных Стратегией, а именно: «социально-экономического развития геостратегических территорий Российской Федерации» [2].

Целью исследования стало выявление и раскрытие специфики градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий в Норвегии; **основной задачей** – выполнение дифференцированного и комплексного анализа, качественной оценки содержания и структуры важнейших аспектов становления, развития и функционирования системы градостроительного планирования в этой стране, а также – теоретическое обобщение их результатов. **Объектом исследования** является система градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий Королевства Норвегия; **предметом** же изучения – ее парадигмальные, институциональные, регулятивные, технологические и организационные особенности.

Материалы и методы. Методология исследования основана на градотипологическом, цивилизационном, системно-структурном, культурно-историческом, пространственно-морфологическом подходах к изучению особенностей становления, развития и функционирования системы градостроительного планирования в Норвегии. Методика исследования состояла в выполнении: 1) информационного поиска по заявленной теме; 2) экспресс-анализа научных и законодательных источников, нормативно-правовых и статистических документов, методических рекомендаций и обобщения содержащихся в них сведений; 3) планово-картографических и статистических изысканий, оценки планово-прогнозных и проектных разработок, а также – результатов их реализации. Итоги проведенного исследования позволили сформулировать краткие выводы.

Основная часть. Из всех Скандинавских стран Норвегия является страной наименее урбанизированной [23, 24]. Истоки норвежской урбанизации восходят к IX–XII вв. [23]: именно тогда были основаны городские поселения, сформировавшие со временем ядра крупных городских агломераций страны. Так, например, в 871 г. был основан город Тёнсберг (Tønsberg) [24], в 997 г. – Нидарос (Nidaros) – первая столица Норвегии (1030–1217 гг.), «которая, утратив свое значение и название, в XIV в. стала городом Тронхейм» [25] (Trondheim); в 1000 г. появился город Шиен (Skien) [24], в 1048 г. современная столица государства – Осло (Oslo), которая до 1624 г. была столицей всей Скандинавии и именовалась Викией (Vichia), в 1070 г. – Берген (Bergen), являвшийся с 1217 по 1299 столицей Норвегии [25], в

1125 г. – Ставангер (Stavanger), в 1250 г. – крупное городское поселение Тромсё (Tromsø), получившее официальный статус города лишь в 1794 г. [25] и др. Реальное приращение процесса урбанизации можно соотнести с эпохой начальной индустриализации, которая, в отличие от стран Западной и Центральной Европы, разворачивалась в Норвегии весьма неспешно в течение всего XIX столетия [23]. На рубеже XIX–XX вв. около 28 % человеческой популяции Норвегии проживало в городах и поселениях полугородского типа [26]. Стремительный рост норвежской урбанизации наблюдался после окончания Второй Мировой войны, преимущественно в 1950–1970 гг. прошлого столетия [24]. Так, к 1960-м гг. доля городского населения по отношению к предвоенному периоду (до 1940 г.) увеличилась почти вдвое и достигла 49 % [26]. С начала «информационно-индустриальной» или постиндустриальной эпохи система урбанизированного расселения Норвегии претерпевает значительные функциональные, морфологические, структурные и, следовательно, градотипологические трансформации [23]; тем не менее, численность городского населения страны продолжает медленно, но стабильно увеличиваться: в 1980 г. она составила 70,5 % от общей численности населения Королевства, в 2000 г. – 76 %, 2008 г. – 78%, 2011 г. – 79 %, 2013 г. – 80,5 % [27]. На сегодняшний день доля городского населения в социально-демографическом балансе государства составляет более 82 % [27], что сопоставимо с другими Скандинавскими странами (Швеция – более 85 %; Дания – более 87 %) и позволяет отнести Норвегию к высокоурбанизированным государственным образованиям. Подтверждением тому – выбор в качестве места постоянного проживания 60-тью %-ми представителей человеческой популяции Королевства шести метрополитенских территорий, а именно: Осло (Oslo), Бергена (Bergen), Ставангера (Stavanger), Тронхейма (Trondheim), Кристиансанда (Kristiansand), Тромсё (Tromsø) [27].

Площадь Норвегии составляет 385 155 кв. км (включая острова Шпицберген (Svalbard) и Ян-Майен (Jan Mayen)) [27]. Поскольку лишь 4 % территории страны в силу специфичности природно-экологических условий являются пригодными для градостроительного освоения, и в настоящее время только четвертая часть из них охвачена процессами урбанизации (что составляет всего около 1 % от территории Королевства) [27], постольку население в территориально-географических границах Норвегии распределено весьма неравномерно и сконцентрировано сегодня преимущественно на прибрежных и примор-

ских территориях Северного и Норвежского морей. Высокими уровнями градостроительной освоенности характеризуются исторические регионы Вестланн (Западная Норвегия) с административным центром Берген, Сёрланн (Южная Норвегия) с административным центром Кристиансанн и Эстланн (Восточная Норвегия) с административным центром Осло – столицей государства, в границах которых проживает сегодня 84,91 % человеческой популяции страны. В культурно-историческом образовании Трёнделаг (Центральная Норвегия) с административным центром Тронхейм, которому свойственен средний уровень градостроительной освоенности территории, сосредоточено 5,7 % населения Королевства Норвегия; в историческом же регионе Нур-Норге (Северная Норвегия) с административным центром Тромсё, оккупирующем около 30 % территории страны и истари отличающимся низким уровнем градостроительной освоенности, проживает лишь 9,39 % ее населения [27]. Именно регион Нур-Норге является сопредельной России территорией: российско-норвежская граница общей протяженностью 219 км разделяет земли коммуны (муниципалитета) Серр-Варангер фюльке Финмаркт и Печенгского района Мурманской области (сухопутный участок границы составляет 195,8 км), а также российские и норвежские части акваторий Баренцева моря и Северно-Ледовитого океана (морской участок границы насчитывает 23,2 км).

Средняя плотность населения Норвегии, согласно различным источникам, составляет всего 14–17 чел./кв. км [27]; этот показатель существенно уступает среднему показателю, рассчитанному для европейских стран и составляющему на сегодня 114 чел./кв. км [27], а также – скандинавским его аналогам (Дания – 134,5 чел./кв. км, Швеция – 22 чел./кв. км) [27]. Наивысший уровень градостроительной освоенности территории в Норвегии достигнут к настоящему моменту в границах фюльке (округа, губернии, региона) Осло площадью 454 кв. км, где сегодня обитает 12 % жителей Королевства (плотность населения – 1483,41 чел./км²) [27] и располагается метрополитенский регион столицы страны – так называемый Большой Осло с численностью населения 1 558 458 чел. Именно Осло, который является объектом плановой и в целом успешной градостроительной деятельности норвежских урбанистов [23], почти 30 % граждан Норвегии выбрали в качестве места постоянного проживания.

Начало поступательного целенаправленного формирования системы градостроительного планирования в Норвегии можно отнести к первой

трети XX века, а точнее – к середине 1920-х – началу 1930-х гг. [23]. Концептуальным и правовым обеспечением этого процесса стал так называемый закон «О планировании» 1924 г., принятый Парламентом (или Стортингом (Stortinget)) страны и обязавший муниципалитеты (или коммуны (communes)) разрабатывать планы градостроительного развития подчиненных им территорий [23]; к такого рода градостроительной документации, бесспорно, можно причислить первый генеральный план Осло, составленный «после 1925 г., когда город вернул себе первоначальное имя» [25]. Наиболее результативным периодом в развитии системы планирования Королевства Норвегия, согласно оценкам европейских экспертов, можно считать 1960-е – 1970-е гг [23]. Подъем норвежского градостроительства был обусловлен принятием в 1965 г. Строительного Кодекса, основные положения которого базировались на принципах, воспроизводили и актуализировали технологические подходы к пространственному образованию, успешно апробированные британской системой градостроительного планирования [28]. Строительным Кодексом предусматривалась разработка региональных планов развития норвежских губерний (фюльке, округов), а также комплексных мастер-планов городов и иных поселений городского типа, в которых устанавливались основные параметры их социально-экономического и градостроительного развития [28]. В 1985 г. Строительный Кодекс был заменен «Законом о планировании и строительстве», регулировавшем комплексное (пространственное, градостроительное) планирование на региональном и местном уровнях организации пространств и мест обитания и выделявшим в особые объекты территориально-пространственного обустройства прибрежные и приморские зоны Северного, Норвежского и Баренцева морей [29]. В конце XX – начале XXI в. в Норвегии был сформирован и принят ряд нормативно-правовых актов, существо основных положений которых определило на ближайшие десятилетия вектор осуществления пространственного и, следовательно, градостроительного планирования в стране:

- «Закон о планировании и строительстве» (1985 г.), определяющий основные принципы пространственного (в т. ч. градостроительного) планирования страны;

- «Закон о биоразнообразии» (2011 г.), охватывающий основные вопросы, детализирующий проблемы и конкретизирующий методы сохранения природных ландшафтов;

- «Закон о культурном наследии» (1979 г.), устанавливающий основные положения охраны

и цивилизованного использования ценных культурных ландшафтов;

- «Закон о сельском хозяйстве» (1993 г.), рассматривающий многие аспекты сохранения сельскохозяйственных ландшафтов и определяющий подходы к ограничению роста зон урбанизации [30].

В процессе становления и развития системы градостроительного планирования в Норвегии последовательно актуализировались следующие парадигмы: 1) независимого муниципального планирования, 2) отраслевого планирования. В 1990-е гг. среди норвежских архитекторов господствовало представление о градостроительном планировании как об инструменте сочетанного подхода к планированию развития территорий, объединявшего отраслевое планирование с планированием землепользования. Проектно-строительное воплощение этого представления обусловило, тем не менее, возникновение дезинтеграции отраслевого и бюджетного муниципального планирования, что, в свою очередь, привело к осознанию субъектами градостроительных отношений необходимости перехода к парадигме высокоадаптивного планирования: компромиссной, комбинированной, сочетающей в себе преимущества нескольких моделей организации процесса планирования и проектирования и методов управления развитием крупных урбанизированных территорий. Такой парадигмой стала парадигма гибкого «прагматичного» планирования, основу которой составляют учет региональных, муниципальных и частных интересов развития территорий [31].

Согласно действующему административно-территориальному устройству Королевства Норвегия, территория государства делится на девятнадцать фюльке (fylke) – губерний, округов, регионов; второй уровень административно-территориального деления представлен четырьстами тридцатью коммунами (kommun) – муниципалитетами [28]. Пространственное планирование Норвегии и градостроительное планирование – как базовая территориально-пространственная компонента планирования пространственного [3], – представляют собой консолидированную трехступенчатую систему, иерархически соответствующую административно-территориальному устройству государства, в основу создания и функционирования которой положен принцип непротиворечивости документов нижнего уровня социально-пространственной организации среды обитания документам верхнего уровня. «В соответствии с действующим законодательством правительство и парламент страны определяют национальные цели», региональные

«и муниципальные власти планируют пути их достижения на основе своих проблем и возможностей, а также диалога между всеми уровнями власти» [30].

На национальном уровне пространственное планирование определяется норвежским законодательством как система подготовки «Национальных руководств по пространственному планированию», в которых устанавливаются основные положения организации планировочного процесса в стране, а также цели и задачи пространственного планирования Норвегии [30].

На региональном уровне органами власти норвежских фюльке готовятся:

- стратегии регионального планирования, в которых формулируются основные задачи и устанавливаются основные направления пространственного развития одного или нескольких фюльке (губерний, округов, регионов), а также – определяются конкретные единицы первого уровня административно-территориального деления страны, для которых обязательна разработка региональных планов градостроительного развития;

- региональные планы градостроительного развития, в которых предусматривается возможность решения задач территориально-пространственной организации среды жизнедеятельности национального и регионального уровней, а также предлагается укрупненное функциональное зонирование территорий фюльке (масштаб 1:250 000). По праву, такие планы являются обязательными к исполнению только в части соблюдения интересов национального и окружного уровней; остальные их градоформирующие предложения имеют рекомендательный характер [30].

На муниципальном уровне органами местного самоуправления разрабатываются:

- стратегии муниципального развития, которыми устанавливаются перечень и состав проектно-планировочной документации, необходимой и достаточной для градостроительного освоения территории конкретного муниципалитета (коммуны);

- мастер-планы муниципалитетов (коммун), представляющие собой комплексные планы развития их территорий на период 10–12 лет (в масштабах от 1:20 000 до 1:200 000), устанавливающие основные параметры развития административно-территориальных образований второго уровня и содержащие также программы реализации планировочной документации, корректируемые каждые 4 года;

- планы зонирования (в масштабе 1:5 000 – 1:10 000), выполняемые для территорий перспективного развития или для территорий с особым статусом использования;

- секторальные планы управления территориями консервации (в масштабе 1:100 000 – 1:200 000), формируемые для особо охраняемых природных территорий и национальных природных парков [30].

Полномочия по инициированию, контролю и сопровождению процесса планирования на региональном уровне возложена на власти округов (fylkeskommuner), которые обязаны обеспечить соответствие разрабатываемой планово-прогнозной документации, с одной стороны, утвержденным региональным стратегиям развития норвежских фюльке, а с другой, утвержденным Правительством страны «Национальным руководствам по пространственному планированию». Региональные планы градостроительного развития фюльке не подлежат официальному утверждению, однако, являются обязательными руководящими документами при разработке проектной документации местного уровня. Градостроительная документация как регионального, так и местного уровней организации пространств и мест обитания подлежит обязательной ревизии и, при необходимости, корректировке не реже, чем один раз в четыре года [30]. В отличие от двух других Скандинавских стран – Дании и Швеции, – все норвежские фюльке и коммуны сегодня «имеют утвержденные планы развития» [30]: региональные планы градостроительного развития и муниципальные мастер-планы, – что прямо указывает на паритетность регионального и местного планирования в этой североевропейской стране, а также на заинтересованность властных структур в процессах реализации проектных продуктов.

Типологическая палитра объектов градостроительного планирования в Норвегии, как следует из отчета Министерства местного управления и регионального развития [32], весьма разнообразна и вполне представительна, что позволяет субъектам градостроительных отношений решать проблемы градообразования комплексно, гибко и достаточно эффективно. Градотипологический диапазон крупных системных форм урбанизированного расселения в Норвегии сегодня включает в себя: городские агломерации (Берген, Ларвик, Мосс, Осло, Ставангер), метрополитенские территории (Берген, Драммен, Кристиансанн, Ларвик, Мосс, Осло, Ставангер, Тенсберг, Тромсё, Тронхейм, Хаугессунд,) [32], функциональные урбанизированные территории (Берген, Драммен, Кристиансанн, Осло, Ставангер, Тромсё, Тронхейм) [30], метрополитенские регионы (Берген, Осло, Ставангер, Тромсё, Тронхейм, Кристиансанн) [32] и урбанизированные регионы (Осло-Стокгольм (Oslo–Stockholm), Скандриа (Scandria)) [11].

Особым, безусловно уникальным объектом градостроительного планирования в Королевстве Норвегия – одновременно регионального и муниципального уровней и масштабов, – является столица этого скандинавского государства – город Осло. Метрополитенская территория Осло, крупнейшая в стране, интегрировала в своих границах к настоящему моменту город-центр Осло с населением около 650 тыс. человек со значительной частью фюльке Акерсхус (Akershus) с населением 585 тыс. чел. [32]. Суммарная же численность населения метрополитенского региона Осло, объединившего в своеобразную устойчивую и управляемую коалицию 23 локальные административно-территориальные единицы [32], составляет сегодня более 1,5 млн. чел.

Правовой основой эволюции пространственной формы норвежской столицы в направлении от компактной моноцентрической [25] к компактной полицентрической (рис. 2, 3) стали во второй половине XX – начале XXI вв. региональные планы, генеральные планы [33, 34] знаковым для норвежской градостроительной культуры можно причислить: первый послевоенный гене-

ральный план Осло 1950–1951 гг., муниципальный план 1960 г., муниципальный план 1975 г., региональный план 1974 г., муниципальный план 1980 г., мастер-план 1984 г. [35, 36]. Этими документами устанавливалось функциональное зонирование внутригородской территории, определялось размещение мест приложения труда, торговли и производств, составлялась программа и формировались регламенты выполнения предписаний мастер-планов [36]. Эксперты-градостроители Норвегии публично неоднократно признавали [37], что степень реализации генеральных планов и мастер-планов Осло была невысокой. Это обуславливалось невозможностью проведения в указанный период времени комплексного, системного анализа опорной градостроительной ситуации на основе достоверных, необходимых и достаточных по объему исходных данных, полного учета значимых градоформирующих факторов и быстрого реагирования методами и средствами градостроительства на динамично меняющиеся потребности городского сообщества, т. е. недостижимостью порогов определенности [38] развития всей градостроительной системы.

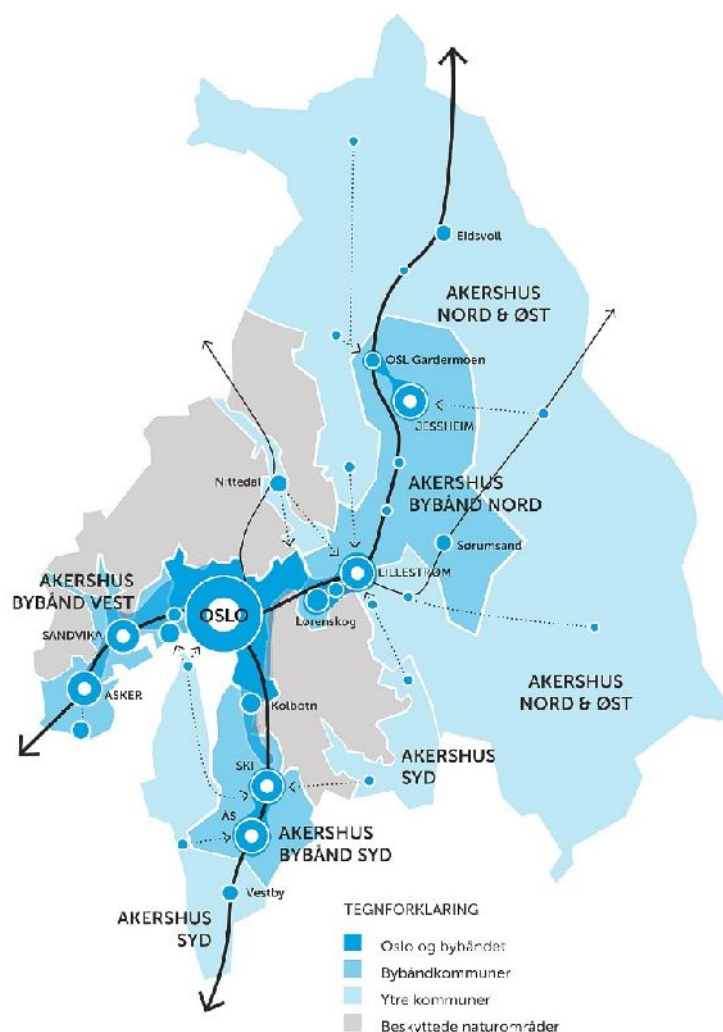


Рис. 2. Пространственно-планировочная структура метрополитенской территории Осло [32]

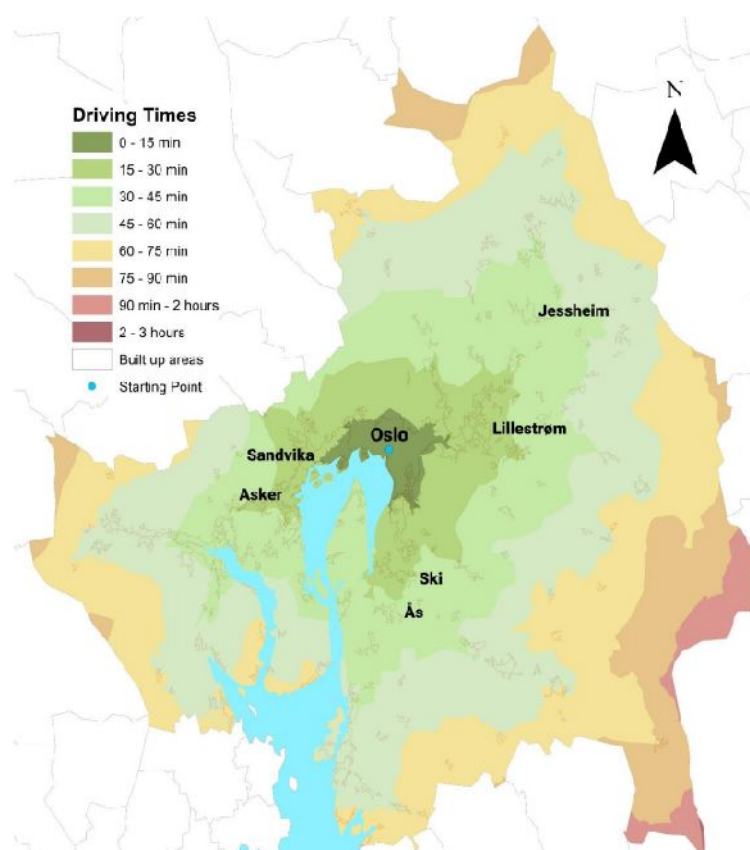


Рис. 3. Зонирование территории метрополитенского региона Осло по критерию транспортной доступности центра метрополии [37]

Европейскими урбанистами неоднократно отмечался постепенный рост численности и неуклонное повышение плотности населения, состоявшиеся в 1980-е – 1990-е гг. как в городе-метрополии Осло, так и на «пороге города», на пригородных территориях [39]. Таким образом, в конце XX века оформилась проблема выработки алгоритмов координированного и/или сочетанного планирования внутригородской территории норвежской столицы и окружающих ее пригородов, ряда перспективных по критериям градостроительного планирования загородных территорий. Поэтому акценты в градостроительном планировании Осло были смещены в сторону координации процессов землепользования, консолидации процедур транспортного планирования и мероприятий по охране окружающей среды в границах всей метрополитенской территории, а также – совершенствования технологий сдерживания «расползания» городского ядра [39]. Поскольку для норвежской практики градостроительного планирования весьма характерна недостаточная координация планирования по вертикали (т.е. между властными структурами страны, фюльке и коммун) [40], что особенно сказывается на транспортном планировании окружного и местного уровней обустройства среды обитания [40], постольку в Докладе «Толерантный, безопасный и

креативный регион Осло» [32] подготовленном Норвежским Министерством местного управления и регионального развития и представленном на утверждение Парламенту страны в 2007 г., были сформулированы предложения по формированию дифференцированной, «адресной» региональной градостроительной политики, учитывающей специфику развития отдельных муниципалитетов региона, и как следствие, повышению их роли в региональном планировании [41]. Этим документом предусматривалось также создание коллаборативных подходов к планированию развития Большого Осло как функционально интегрированной конурбации населенных пунктов [41].

Значительные изменения в области градостроительного планирования столицы Норвегии и окружающих ее урбанизированных территорий состоялись в последние два десятилетия. Европейские эксперты подчеркивают, что Осло не мог больше восприниматься участниками градостроительных отношений как обособленная от региона территория города-метрополии, включающая в свои границы ближайшие пригороды, или как простая совокупность высокоурбанизированного ядра и окружающих его муниципалитетов с постепенно снижающимся показателем плотно-

сти населения [41]. Профессиональным сообществом была осознана необходимость планирования метрополии как функциональной урбанизированной территории - сложного объекта градостроительной деятельности, элементами которого станут не только городские поселения, но и крупные агломерационные коммерческие подцентры, региональные аттракторы, субцентры агломерации, обширные субурбии, рекреационно-ландшафтные зоны, туристические кластеры и пр. [23]. Именно поэтому в упомянутом докладе «Толерантный, безопасный и креативный регион Осло» его составителями особо отмечалось нарастание транспортных, экологических и социальных проблем в очертаниях метрополитенской территории [32] и содержалось предложение по совместной работе Региональных советов (fylkesrad) двух фюльке в части разработки консолидированной проектно-планировочной документации [32].

Посредством кооперации властных структур двух округов – Осло и Акерсхуса – в период с 2008 по 2015 гг. Альянсом региона Осло (Oslo Region Alliance) был разработан стратегический план их совместного градостроительного развития в границах единого метрополитенского региона, который включал основные параметры развития этих территорий вплоть до 2050 г. [41]. Методологическим обеспечением планирования метрополитенского региона стал комплексный подход к территориально-пространственной организации среды обитания, реализованный посредством интеграции результатов анализа градостроительных параметров окружающих центральный город поселений и межселенных территорий, что, в свою очередь позволило выявить оптимальную планировочную организацию и функциональную структуру периферийных и пригородных городских районов [41].

В указанном плане были заложены основные направления развития, распространяющиеся на оба округа [41]:

- формирование метрополитенской территории Осло как полицентрической градостроительной системы на основе развития 6 подцентров: Аскер (Asker), Сандвика (Sandvika), Лиллестрём (Lillestrøm), Есхейм (Jessheim), Ос (Ås), Ши (Ski);
- концентрация зон нового жилищного строительства (более 90 %) в намеченных подцентрах;
- формирование на базе агломерационных подцентров Аскер, Лиллестрём, Ши и городского центра Осло непрерывного урбанизированного коридора с высокой концентрацией различных городских функций;
- совершенствование и укрупнение транспортной системы метрополитенского региона

Осло на основе дальнейшего развития рельсового транспорта [41].

Детальное планирование норвежской столицы осуществляется в настоящее время по комплексному межотраслевому принципу [42] с учетом решений, заложенных в документах планирования более высоких уровней. Планирование коммуникационной инфраструктуры метрополитенского региона Осло выполняется на основе Национального транспортного плана и «Концепции развития Осло 2016» (Concept Study Oslo 2016) [41], разработанной властями Осло и Акерсхуса совместно с целью конкретизации положений регионального плана развития метрополитенской территории Осло. Совершенствование и развитие транспортной инфраструктуры в последнее десятилетие было поддержано созданием и внедрением в проектно-строительную практику концепции «пакетов» (byraker), которая инициирует подготовку соглашений по финансированию долгосрочных транспортных проектов между субъектами вертикальной и горизонтальной кооперации. Для осуществления планирования, строительства и содержания транспортной инфраструктуры метрополитенского региона Осло была учреждена специализированная организация Ruter As [41].

Кроме того, территория метрополитенского региона Осло входит в состав ряда урбанизированных регионов «надстранового» подтипа и является, таким образом, объектом интеррегионального пространственного стратегирования [11]. Одним из примеров планирования развития подобного рода градостроительных форм в Норвегии служит урбанизированный регион Осло-Стокгольм (Oslo–Stockholm), в границах которого начиная с 2017 г. и по настоящее время ведется разработка стратегического проекта создания высокоскоростного рельсового сообщения между двумя скандинавскими столицами. В состав этого урборегиона вошли шведские муниципалитеты Карлстад (Karlstad), Эребру (Örebro) и Вестерос (Västerås) и лёны Вермланд (Värmland), Вестманланд (Västmanland) и Эребру, а также норвежские фюльке Акерсхус (Akershus) и Вестфолл (Vestfold) [42].

Крупные урбанизированные территории Норвегии к настоящему моменту практически полностью обеспечены градостроительной документацией, регламентирующей процесс их становления и развития. В основе этого достижения норвежских девелоперов, урбанистов, управленцев и законодателей лежит прагматичный, гибкий и весьма креативный подход к градоформированию: наряду с региональным и местным уровнями подготовки документов простран-

ственного (градостроительного в т.ч.) планирования субъектами градостроительной деятельности активно осваивается субрегиональный уровень разработки, согласования и утверждения планово-прогнозной документации. Примером успешного осуществления градостроительного планирования на субрегиональном уровне служит субрегиональный план пространственного развития метрополитенского региона Ставангер (Stavanger-Jæren), разработанный по инициативе правительства фюльке Рогаланд (Rogaland County) в объединенных границах города Ставангер и семи окружающих его муниципалитетов. Основной целью подготовки документа стала координация процессов рационального землепользования и развития транспортной инфраструктуры метрополитенского региона; принятые решения позволяют примирить и оптимизировать по критериям градостроительной эффективности и безопасности среды обитания постепенно, но неуклонно возрастающую инвестиционную привлекательность земель пригородных районов города и резкое увеличение количества личного и общественного автотранспорта [43]. Властными структурами фюльке Трёнделаг и Хордаллан также намечены к разработке стратегии и субрегиональные планы развития метрополитенских регионов Тронхейма (The case study “Framtidsbilder Trondheim sentrum 2050”) и Бергена (City case study of Bergen) [31, 45].

В 2018 г. Правительством Норвегии был разработан, а Парламентом страны принят «Документ о сельской и региональной политике» (White Paper on Rural and Regional Policy), обосновывавший целесообразность укрупнения отдельных локальных административно-территориальных единиц, объединения и, следовательно, изменения границ ряда муниципалитетов и фюльке [30]. Осуществление реформы действующей системы административно-территориального деления страны должно, согласно прогнозам законодателей, состояться в 2020–2021 гг. В связи с этим планомерная деятельность по подготовке новой градостроительной документации регионального (субрегионального) и муниципального уровней пока приостановлена; она будет возобновлена после уточнения границ административно-территориальных образований.

Выводы. Результаты изучения институциональных, парадигмальных, технологических и организационных аспектов становления, развития и функционирования системы градостроительного планирования в Норвегии позволяют заключить, что она отличается от континентально-европейских и даже североευропейских аналогов «всеохватностью», сбалансированно-

стью и несомненной самобытностью. Значимость для большинства участников градостроительных отношений в Норвегии темы урегулирования проблем и сферы решения задач планирования урбанизации на трех уровнях пространственной организации среды жизнедеятельности населения – национальном, региональном, местном, – способствовала полной обеспеченности к настоящему моменту «национальными руководствами» и градостроительной документацией всех норвежских фюльке (губерний, округов, регионов) и коммун (муниципалитетов). Непременность и практическая действенность законодательно определенного принципа непротиворечивости решений, заложенных в градостроительной документации низшего уровня обустройства пространств и мест обитания, планово-прогноznым решениям, утвержденным в составе документов высших уровней, инициировали становление в Норвегии разнообразных форм вертикальной и горизонтальной кооперации и механизмов эффективного сотрудничества акторов градообразования. «Прозрачность», гуманистическая социально-экологическая ориентированность градостроительной политики, осуществляемой в этой стране, позиционирование властными структурами муниципалитетов в качестве ключевых акторов градостроительного планирования территорий и поселений побуждают субъектов градостроительных отношений вести поиск все новых и новых моделей соучастия населения в процессах планирования на местном уровне с учетом современных тенденций развития норвежской урбанизации. Партнерство с Европейским Союзом позволяет властям Королевства Норвегия, профессионалам градостроительного дела и территориальным сообществам избирательно следовать концептуальным инициативам, институциональным директивам, организационным регламентам и технологическим рекомендациям Комитета по пространственному планированию в составе Европейской комиссии в отношении дальнейшей унификации систем пространственного планирования (градостроительного в т. ч.) государств-членов ЕС, универсализации алгоритмов управления функционированием типологически дифференцированных объектов и развивать национальный «градостроительный потенциал» [38], опираясь на исторические закономерности, специфику и актуальные тренды скандинавской урбанизации. Относительная независимость системы пространственного планирования Норвегии от градостроительных стандартов ЕС проявлена более широким, чем в континентальной Европе, а также Дании, Финляндии и Швеции типологическим спектром системных форм урбанизированного расселения,

являющихся объектами не только «внутринационального» пространственного (и градостроительного) планирования, но и трансграничного и интеррегионального пространственного стратегирования [11]. Крупные урбанизированные территории Норвегии благодаря участию этой страны в международных проектах сферы пространственного планирования региона Балтийского моря и зон его косвенного влияния (VASAB (Vision and strategies around Baltic Sea), Interreg (European Regional Development Fund), Инновационные центры Балтийского моря (Baltic Sea Innovation Centres), C020L Bricks – Изменение климата, культурное наследие и энергоэффективные сооружения (Climate Change, Cultural Heritage and Energy Efficient Monuments), «Объединенное видение пространственного развития севера Балтики» (Joint transnational SPATIAL VISION on regional development of the North Sea Baltic), «Европейская стратегия пространственного развития Балтийского региона» (EU Strategy for the Baltic Sea region) и др.), интегрированы с типологически подобными формами урбанизации наиболее развитых североевропейских государств – Дании, Финляндии, Швеции. Это обстоятельство потенцирует некоторую унификацию параметров урбанизированных систем, а также их оптимизацию по критериям градостроительной эффективности и устойчивого развития в целях обеспечения непротиворечивого консолидированного освоения и преобразования территорий сопредельных государств, как входящих в ЕС, так и выступающего его партнером. Результаты изучения обширного позитивного опыта становления и развития системы градостроительного планирования Королевства Норвегия могут послужить совершенствованию системы стратегирования и планирования в границах Северо-Западного региона Российской Федерации и, тем самым, способствовать коэволюции «приоритетных» и «приграничных геостратегических территорий» нашей страны, исторически принадлежащих «Балтийской морской цивилизации».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Монастырская М.Е., Песляк О.А. Специфика градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий в Скандинавских странах. Часть I: Монополия муниципального планирования в Швеции // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2020. № 8. С. 46–60.
2. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-Р.) [Электронный ресурс] // URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAIqUfT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (15.07.2020).
3. Монастырская М.Е., Песляк О.А. Градостроительное планирование крупных урбанизированных территорий в Финляндии: парадигмы, регулятивные институты, технологии // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2020. №5. С. 77–90.
4. Митягин С.Д. Территориальное планирование, градостроительное зонирование и планировка территорий: учебное пособие. СПб.: Лань, 2019. 200 с.
5. Митягин С.Д. Возможности упрощения подготовки градостроительной документации в положениях Градостроительного Кодекса РФ // Вестник. Зодчий 21 век. 2015. № 1-1 (54). С. 2–5.
6. Митягин С.Д. Территориальное планирование в современной России: проблемы разработки и реализации // Градостроительство. Эпоха перемен. СПб.: ЗАО «Издательство «ЗОДЧИЙ», 2016. 280 с.
7. Митягин С.Д. Актуальные проблемы градостроительства // Градостроительство. Эпоха перемен. СПб.: ЗАО «Издательство «ЗОДЧИЙ», 2016. 280 с.
8. Новая градостроительная политика для нового правительства Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // URL <http://ecom.su/news/index.php?id=1465>
9. Монастырская М.Е. Балтийская идентичность градостроительной деятельности: генезис явления, подходы к изучению // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3. С. 28–37.
10. Монастырская М.Е., Песляк О.А. Современные методы делимитации границ городских агломераций (Европейские наука и практика) // Градостроительство и архитектура. 2017. № 3(28). С. 80–86.
11. Монастырская М.Е., Песляк О.А. Урбанизированные регионы Балтики как актуальные и перспективные объекты стратегического планирования // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. №4(53). С. 249–265.
12. Спирина Ю.В. Трансграничное пространственное планирование в Балтийском регионе // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта, 2009. № 1. С. 92–96.
13. Болотникова Е.Г., Межевич Н.М. «Северное измерение» и Стратегия Европейского Союза для региона Балтийского моря // Псковский региональный журнал. №13. С. 37–47.
14. Иванов О.Б., Бухвальд Е.М. «Геостратегические территории» и «точки роста» в стратегировании пространственного развития Российской Федерации // Этап: экономическая теория, анализ, практика. 2019. № 4. С. 7–23.

15. Куньшиков С.В., Москалев Н.А. Геоэкономические территории РФ: геополитический аспект стратегии пространственного развития Российской Федерации // *Культура, личность, общество в современном мире: методология, опыт эмпирического исследования*. 2019. С. 1287–1295.
16. Кузнецов С.В., Межевич Н.М., Шамахов В.А. Стратегия пространственного развития Российской Федерации и перспективы развития приморских агломераций // *Управленческое консультирование*. 2019. № 6. С. 10–18.
17. Кивикари У. Экономическое пространство Балтийского региона / Пер. с финского АО «Нордконтакт». Хельсинки: Изд-во «ОТАВА», 1996. 156 с.
18. Клемешев А.П., Корнеев В.С., Пальмовский Т., Студжиницки Т., Федоров Г.М. Подходы к определению понятия «Балтийский регион» // *Балтийский регион*, 2017. № 4. С. 7–28.
19. Малинин Ю.П. Геоэкономические территории России: Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 года (в соответствии с редакцией от августа 2018 г.): Министерство экономического развития РФ. [Электронный ресурс] // URL: yandex.ru/images/search.
20. Лебедев Г.С. Балтийская морская цивилизация: Путь из варяг в греки и петербургский миф // *Историософские проблемы общественных наук на рубеже тысячелетий: 2-я пол. XIX–XX вв. Современное видение истории: тез. докл. конф. (30–31 ма 1996 г.)* / Рос. нац. б-ка. СПб, 1996. С. 97–99.
21. Сологуб А.П. Международная проектная деятельность как один из механизмов конструирования Балтийского региона // *Вестник Волгоградского гос. ун-та. Сер. 4. Ист.* 2015. № 6 (36). С. 10–110.
22. Лебедев Г.С. Хайтабу: Шлезвиг = Ладога: Петербург: этапы урбанизации Балт. культур.-ист. пространства // XII конференция по изучению истории, экономики, литературы и языка скандинавских стран и Финляндии: тез. докл.: [в 2 ч.] / Рос. акад. наук. Ин-т рос. истории. М., 1993. Ч. 1. С. 128–131.
23. Nystad F.J. Building and Urban Development in Norway – a selection of current issues. Husbanken, 2004. 103 p.
24. Juvkam D. Historisk oversikt over endringer i kommune- og fylkesinndelingen. Statistisk sentralbyrå, 1999. 90 p.
25. Косицкий Я.В. Архитектурно-планировочное развитие городов: Учеб. пособие. М.: Архитектура, 2005. 648 с.
26. Department of Economic and Social Affairs Growth of the world's urban and rural population, 1920–2000 // *Population Studies*, No. 44, Department of Economic and Social Affairs, 134 p.
27. The world bank data: [Электронный ресурс] // URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=NO>
28. Regional planning in Finland, Iceland, Norway and Sweden. Nordregio for Ministry of Environment, forest and nature agency. Spatial planning department. 2004. [Электронный ресурс] // URL: https://naturstyrelsen.dk/media/nst/attachments/92263/regional_planning_in20nordic_uk.pdf (09.04.2020)
29. Bohme Kai: Nordic Echoes of European Spatial Planning: Discursive Integration in Practice Stockholm: Nordregio 2002 (Nordregio Report 2002:8)
30. OECD, Land-use Planning Systems in the OECD: Country Fact Sheets. Paris: OECD Publishing. 2017. 230 p.
31. Vevnik G., Eriksson I., Saiter A.M. City case study of Bergen // *Geological Survey of Norway*, 2016.
32. Norwegian Ministry of local government and regional development. A tolerant, Secure and Creative Oslo Region. // Report No. 331 (2006–2007) to the Storting Introduction and Summary in English. [Электронный ресурс] // URL: https://www.regjeringen.no/content-tassets/fl184961ca7a948febe6ec79f686b43e3/en-gb/pdfs/stm200620070031000en_pdfs.pdf
33. Васильев Б.Л., Платонов Г.Д. Градостроительная практика и жилищное строительство в Скандинавских странах: Приемы планировки и застройки новых жилых районов. Л.: Госстройиздат, 1960. 127 с.
34. Монастырская М.Е. Коттеджная застройка в Европейском градостроительстве второй половины XIX–XX века. СПб, 2017. 491 с.
35. Hall Thomas. Planning and Urban Growth in Nordic Countries. Routledge, 2003. 256 p.
36. Luccarelli M. Green Oslo Visions: Planning and Discourse. Ahsgate, 2013.
37. Falleth E.I., Saglie I.-S. Planning a compact Oslo, 2013. [Электронный ресурс] // URL: https://www.researchgate.net/publication/286988390_Planning_a_compact_Oslo
38. Моисеев Ю.М. Пороги неопределенности в системе градостроительного планирования: автореф. дис.... доктора. арх. М., 2017. 48 с.
39. Næss P., Næss T., Strandb A. European Planning Studies Oslo's Farewell to Urban Sprawl // Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg East, Denmark b Institute of Transport Economics, Oslo, Norway 2010.
40. Næss P., Næss T., Strandb A. The challenge of sustainable mobility in urban planning and development in Oslo Metropolitan Area. // Institute of Transport Economics. Norwegian Centre for Transport Research, 1024/2009

41. OECD Territorial Reviews: The Megaregion of Western Scandinavia. OECD Publishing, Paris, 2018

42. Amdam R. Sectoral Versus Territorial Regional Planning and Development in Norway // European Planning Studies, 10:1. Pp. 99–111.

43. Aslı Tepecik Diş Green growth and spatial planning in the Nordic city regions: An overview of

concepts and policies // Nordegio Working Paper 2014:5. 71 p.

44. The case study “Framtidsbilder Trondheim sentrum 2050” [Электронный ресурс] // URL: <https://sites.google.com/trondheim.kommune.no/framtidstrondheim/plan-for-sentrumsutvikling/framtidsbilder-trondheim-sentrum-2050-med-sentrumsstrategi>

Информация об авторах

Монастырская Марина Евгеньевна, кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектурного проектирования. E-mail: gradoved@gmail.com. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4.

Песляк Оксана Александровна, старший преподаватель кафедры градостроительства. E-mail: opeslyak@mail.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4.

Поступила 09.02.2021 г.

© Монастырская М.Е., Песляк О.А., 2021

***Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A.**

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

**E-mail: *gradoved@gmail.com*

THE SPECIFICS OF URBAN PLANNING OF LARGE URBANIZED TERRITORIES IN THE SCANDINAVIAN COUNTRIES.

PART II: PARITY OF REGIONAL AND MUNICIPAL URBAN PLANNING IN NORWAY

Abstract. The article substantiates the relevance and expediency of prolonging the study of the processes of strategic, detailed and current planning of large, typologically differentiated forms of urbanization, as well as the implementation of urban planning documentation in the most developed countries of Northern Europe. The article presents the results of studying the specifics and trends of the formation, development and functioning of the system of spatial strategizing and urban planning and design in the Kingdom of Norway: its institutional, paradigm, technological and organizational components. It is shown that the significant differences between the Norwegian system of urban planning of large urbanized territories and its Danish, Swedish, and Finnish counterparts are due, on the one hand, to the national specifics of urban planning, and, on the other, to the relative independence of the spatial organization of the environment of Norway, a partner of the European Union, from the urban planning standards established for its members. It is noted that the basic trend of improving the system of long-term, medium-term, short-term and current planning in the Kingdom of Norway today is the achievement and approval of the parity of regional and municipal planning. It contributes to the "transparency"; predictability, humanistic socio-environmental orientation of urban planning policy implemented in this country, as well as initiates the search for various forms and increases the effectiveness of public participation in the processes of formation and implementation of urban planning decisions. The results of the study can serve as information-theoretical and methodological support for spatial strategizing and urban planning of priority and border geostrategic territories of Russia, which have long been part of the "Baltic Sea Civilization".

Keywords: urban planning, Norway, regional and municipal planning, metropolitan area, metropolitan region, urbanized region

REFERENCES

1. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. The specifics of urban planning of large urbanized territories in the Scandinavian countries. Part I: The Monopoly of Municipal planning in Sweden [Specifika gradostroitel'nogo planirovaniya krupnyh urbanizirovannyh territorij v Skandinavskih stranah. CHast' I: Monopoliya municipal'nogo planirovaniya

v Shvecii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 8. Pp. 46–60. (rus)

2. Spatial development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025 [Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda] (Approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated February 13, 2019, No. 207-R.) Available at:

<http://static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf> (09.04.2020). (rus)

3. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Urban planning of large urban areas in Finland: paradigms, regulatory institutions, technologies [Gradostroitel'noe planirovanie krupnyh urbanizirovannyh territorij v Finlyandii: paradigmy, reguljativnye instituty, tekhnologii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 77–90. (rus)
4. Mytyagin S.D. Territorial planning, urban planning zoning and territory planning: textbook [Territorial'noe planirovanie, gradostroitel'noe zonirovaniye i planirovka territorij: uchebnoe posobie]. SPt.: Lan', 2019. 200 p. (rus)
5. Mytyagin S.D. Opportunities to simplify the preparation of urban planning documentation in the provisions of the Urban Planning Code of the Russian Federation [Vozmozhnosti uproshcheniya podgotovki gradostroitel'noj dokumentacii v polozeni-yah Gradostroitel'nogo Kodeksa RF]. Vestnik. Zodchij 21 vek. 2015. No. 1-1 (54). Pp. 2–5. (rus)
6. Mytyagin S.D. Territorial planning in Modern Russia: problems of development and Implementation [Territorial'noe planirovanie v sovremennoj Rossii: problemy razrabotki i realizacii]. Gradostroitel'stvo. Epoha peremen. SPb.: «ZODCHIJ» Publ., 2016. 280 p.
7. Mytyagin S.D. Current problems of urban planning [Aktual'nye problemy gradostroitel'stva]. Gradostroitel'stvo. Epoha peremen. SPb.: «ZODCHIJ» Publ., 2016. 280 p. (rus)
8. New urban planning policy for the new Government of St. Petersburg [Novaya gradostroitel'naya politika dlya novogo pravitel'stva Sankt-Peterburga]. URL <http://ecom.su/news/index.php?id=1465> (rus)
9. Monastyrskaya M.E. Baltic identity of urban planning activity: Genesis of the phenomenon, approaches to study [Baltiyskaya identichnost' gradostroitel'noj deyatel'nosti: genezis yavleniya, podhody k izucheniyu]. Bulletin of civil engineers. 2016. No 3. Pp. 28–37. (rus)
10. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Modern methods of delimitation of urban agglomerations (European science and practice) [Sovremennye metody delimitacii granic gorodskih aglomeracij (Evropejskie nauka i praktika)]. Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2017. No. 3(28). Pp. 80–86. (rus)
11. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Urban regions of the Baltic sea as current and long-term strategic planning [Urbanizirovannye regiony Baltiki kak aktual'nye i perspektivnye ob"ekty strategicheskogo planirovaniya]. Architecture and Modern Information Technologies. 2020. No. 4(53). Pp. 249–265. (rus)
12. Spirina Yu.V. Cross-border spatial planning in the Baltic region [Transgranichnoe prostranstvennoe planirovanie v Baltijskom regione]. Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta. 2009. No. 1. Pp. 92–96. (rus)
13. Bolotnikova E.G., Mezhevich N.M. "Northern dimension" and the Strategy of the European Union for the Baltic Sea region [«Severnoe izmerenie» i Strategiya Evropejskogo Soyuza dlya regiona Baltijskogo moray]. Pskovskij regionologicheskij zhurnal. No. 13. Pp. 37–47. (rus)
14. Ivanov O.B., Buhval'd E.M. "Geostrategic territories" and "points of growth" in strategizing the spatial development of the Russian Federation [«Geostrategicheskie territorii» i «tochki rosta» v strategirovanii prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii]. Stage: economic theory, analysis, practice [Etap: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika]. 2019. No. 4. Pp. 7–23. (rus)
15. Kun'shchikov S.V., Moskalev N.A. Geostrategic territories of the Russian Federation: geopolitical aspect of the strategy of spatial development of the Russian Federation [Geostrategicheskie territorii RF: geopoliticheskij aspekt strategii prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii]. Culture, personality, society in the modern world: methodology, experience of empirical research. [Kul'tura, lichnost', obshchestvo v sovremennom mire: metodologiya, opyt empiricheskogo issledovaniya]. 2019. Pp. 1287–1295. (rus)
16. Kuznecov S.V., Mezhevich N.M., SHamahov V.A. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii i perspektivy razvitiya primorskih aglomeracij [Strategy of spatial development of the Russian Federation and prospects for the development of Primorsky agglomerations]. Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2019. No. 6. Pp. 10–18. (rus)
17. Kivikari U. Economic space of the Baltic region [Ekonomicheskoe prostranstvo Baltijskogo regiona]. Translation by AO «Nordkontakt». Hel'sinki: OTAVA Publ., 1996. 156 p. (rus)
18. Klemeshev A.P., Korneev V.S., Pal'movskij T., Studzhinicki T., Fedorov G.M. Approaches to the definition of the concept "Baltic region" [Podhody k opredeleniyu ponyatiya «Baltiyskij region»]. Baltijskij region. 2017. No. 4. Pp. 7–28. (rus)
19. Malinin Yu.P. Geostrategic territories of Russia: Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025 [Geostrategicheskie territorii Rossii: Strategiya prostranstvennogo razvitiya RF na period do 2025 goda (v sootvetstvii s redakciej ot avgusta 2018 g.)]: Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya RF. yandex.ru/images/search. (date of the application 18.08.20). (rus)

20. Lebedev G.S. Baltic sea civilization: The way from the Varangians to the Greeks and the Petersburg myth [Baltiyskaya morskaya civilizaciya: Put' iz varyag v greki i peterburgskij mif]. Historiosophical problems of social Sciences at the turn of the Millennium: 2nd half of the XIX-XX centuries [Istoriosofskie problemy obshchestvennyh nauk na rubezhe tysyacheletij: 2-ya pol. XIX-XX vekov]: Sovrem. vision of history: TEZ. Dokl. Conf. (30–31 May 1996). Russian national library. SPt, 1996. Pp. 97–99. (rus)
21. Sologub A.P. International project activity as one of the mechanisms of construction of the Baltic region [Mezhdunarodnaya proektnaya deyatel'nost' kak odin iz mekhanizmov konstruirovaniya Baltijskogo regiona]. Bulletin of the Volgograd State University. Ser. 4. Ist. 2015. No. 6 (36). Pp. 101–110. (rus)
22. Lebedev G.S. Haitabu: Schleswig = Ladoga: Petersburg: stages of urbanisation of the Baltic cultures-East. Space [Hajtabu: SHlezvig = Ladoga: Peterburg: etapy urbanizacii Balt. kul'tur.-ist. prostranstva]. XII conference on the study of the history, economy, literature and language of the Scandinavian countries and Finland: TEZ. Dokl.: [in 2 parts] [XII konferenciya po izucheniyu istorii, ekonomiki, literatury i yazyka skandinavskih stran i Finlyandii: tez. dokl.]. Russian Academy of Sciences. In-t ROS. history. Moscow, 1993. P. 1. Pp. 128–131. (rus)
23. Nystad F.J. Building and Urban Development in Norway – a selection of current issues. Husbanken, 2004. 103 p.
24. Juvkam D. Historisk oversikt over endringer i commune- og fylkesinndelingen. Statistisk sentralbyrå, 1999. 90 p.
25. Kosickij Ya.V. Architectural and planning development of cities: Textbook. [Arhitekturno-planirovocnoe razvitie gorodov: Ucheb. posobie] Moscow: Architecture, 2005. 648 p. (rus)
26. Department of Economic and Social Affairs Growth of the world's urban and rural population, 1920-2000. Population Studies, No. 44, Department of Economic and Social Affairs, 134 p.
27. The world bank data: Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=NO>
28. Regional planning in Finland, Iceland, Norway and Sweden. Nordegio for Ministry of Environment, forest and nature agency. Spatial planning department. 2004. Available at: https://naturstyrelsen.dk/media/nst/attachments/92263/regional_planning_in20nordic_uk.pdf (09.04.2020)
29. Bohme Kai: Nordic Echoes of European Spatial Planning: Discursive Integration in Practice Stockholm: Nordregio 2002 (Nordregio Report 2002:8)
30. OECD, Land-use Planning Systems in the OECD: Country Fact Sheets. Paris: OECD Publishing. 2017. 230 p.
31. Vevnik G., Eriksson I., Saither A.M. City case study of Bergen. Geological Survey of Norway, 2016.
32. Norwegian Ministry of local government and regional development. A tolerant, Secure and Creative Oslo Region. Report No. 331 (2006-2007) to the Storting Introduction and Summary in English. Available at: https://www.regjeringen.no/contentassets/f184961ca7a948febe6ec79f686b43e3/english/pdfs/stm200620070031000en_pdfs.pdf
33. Vasil'ev B.L., Platonov G.D. Urban planning practice and housing construction in the Scandinavian countries: Methods of planning and development of new residential areas [Gradostroitel'naya praktika i zhilishchnoe stroitel'stvo v Skandinavskih stranah: Priemy planirovki i zastrojki novyh zhilyh rajonov]. L.: Gosstrojizdat, 1960. 127 p. (rus)
34. Monastyrskaya M. E. Cottage development in European urban planning of the second half of the XIX-XX century. [Kottedzhnaya zastrojka v Evropejskom gradostroitel'stve vtoroj poloviny XIX-XX veka]. SPb, 2017. 491 p. (rus)
35. Hall Thomas. Planning and Urban Growth in Nordic Countries. Routledge, 2003. 256 p.
36. Luccarelli M. Green Oslo Visions: Planning and Discourse. Ashgate, 2013.
37. Falleth E. I., Saglie I.-S. Planning a compact Oslo, 2013. Available at: https://www.researchgate.net/publication/286988390_Planning_a_compact_Oslo
38. Moiseev Ju. M. Thresholds of uncertainty in the system of urban planning [Porogi neopredelennosti v sisteme gradostroitel'nogo planirovaniya]: autoref. dis.... doctor of arch. M., 2017, 48 p. (rus)
39. Næss P., Næss T., Strandb A. European Planning Studies Oslo's Farewell to Urban Sprawl. Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg East, Denmark b Institute of Transport Economics, Oslo, Norway 2010.
40. Næss P., Næss T., Strandb A. The challenge of sustainable mobility in urban planning and development in Oslo Metropolitan Area. Institute of Transport Economics. Norwegian Centre for Transport Research, 1024/2009
41. OECD Territorial Reviews: The Megaregion of Western Scandinavia. OECD Publishing, Paris, 2018.
42. Amdam R. Sectoral Versus Territorial Regional Planning and Development in Norway. European Planning Studies, 10:1. Pp. 99–111.
43. Aslı Tepecik Diş Green growth and spatial planning in the Nordic city regions: An overview of concepts and policies. Nordegio Working Paper 2014:5. 71 p.

44. The case study “Framtidsbilder Trondheim sentrum 2050”. Available at: <https://sites.google.com/trondheim.kommune.no/framtidsbilder-trondheim-sentrum-2050-med-sentrumsstrategi>.

Information about the authors

Monastyrskaya, Marina E. PhD, Assistant professor. E-mail: gradoved@gmail.com. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint Petersburg, 2-nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Peslyak, Oksana A., Senior lecturer. E-mail: opeslyak@mail.ru. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, Saint Petersburg, 2-nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Received 09.02.2021

Для цитирования:

Монастырская М.Е., Песляк О.А. Специфика градостроительного планирования крупных урбанизированных территорий в скандинавских странах. Часть II: паритетность регионального и муниципального градостроительного планирования в Норвегии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 47–63. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-47-63

For citation:

Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. The specifics of urban planning of large urbanized territories in the Scandinavian countries. Part II: parity of regional and municipal urban planning in Norway. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 47–63. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-47-63

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-64-73

Михайлова И.Д., Перькова М.В., *Чечель И.Н.*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: Irinakitaeva@gmail.com*

КОНФЛИКТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ДОМУ КУЛЬТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ ДК «ЮБИЛЕЙНЫЙ» В Г. БЕЛГОРОДЕ)

Аннотация. Одним из актуальных направлений в архитектуре является реконструкция клубов и Домов культуры. Проводимые в этих рамках исследования направлены на возрождение зрелищных зданий второй половины XX века как городских центров притяжения, проведения досуга и дополнительного образования. На сегодняшний день требуется пересмотр методов реконструкции домов культуры советского периода, поиск новых подходов при решении задач реконструкции как непосредственно объекта, так и прилегающей к нему территории. В исследовании предлагается применение конфликтологического подхода при анализе территории, прилегающей к дому культуры. Это позволит исследовать ее потенциал, выявить и классифицировать градостроительные конфликты между участниками градостроительной деятельности по отношению к территории, а также определить основные пути их разрешения. На примере территории, прилегающей к ДК «Юбилейный» в г. Белгороде, выявлены и классифицированы градостроительные конфликты на исследуемой территории: нормативно-правовые, имущественные, социально-функциональные, землепользовательские, транспортные, которые представляют собой совокупность элементов с позитивными или негативными связями между ними. Согласно выявленным и классифицированным конфликтам построены модели их структуры с участниками градостроительной деятельности и их интересов по отношению к рассматриваемой территории. Анализ градостроительных конфликтов и их классификация стали основой для разработки рекомендаций по градостроительному развитию территории, которые позволят разрешить ряд выявленных градостроительных конфликтов и разработать проектное предложение по реконструкции здания ДК «Юбилейный».

Ключевые слова: город, Дом культуры, градостроительные конфликты, классификация, модели, реконструкция.

Введение. Одним из актуальных направлений в архитектуре является реконструкция клубов и Домов культуры. Проводимые в этих рамках исследования направлены на возрождение зрелищных зданий второй половины XX века как городских центров притяжения, проведения досуга и дополнительного образования. Культура в целом – это основа самоидентификации человека в обществе. С ее помощью формируются фундаментальные морально-нравственные ориентиры социума. На сегодняшний день в России действует большое количество программ, законов, нормативных документов, проектов, целью которых является реконструкция клубов и дворцов культуры. В рамках национального проекта «Культура» работы ведутся по всей стране. Как правило, они направлены на небольшие населенные пункты, где дом культуры рассматривается как основное место притяжения населения [1]. Реализация, в целом, направлена на решение ряда социокультурных, образовательных, развлекательных и иных задач в градостроительном контексте района населенного пункта.

Реконструкция клубов и дворцов культуры (ДК) стала носить массовый характер, однако при этом выявляются проблемы: при изменении

внешнего и внутреннего облика здания, его капитального ремонта, популярность самих заведений не возрастала. В связи с этим требуется пересмотр методов реконструкции домов культуры советского периода, поиск новых подходов при решении задач реконструкции как непосредственно объекта, так и прилегающей к нему территории. В 2012 году Министерство культуры РФ запустило программу строительства творческих многофункциональных центров - Домов новой культуры (ДНК). Целью программы также является возрождение и популяризация современного искусства путем внедрения новых методов организации функционально-планировочной организации здания, приспособление прилегающей территории под проведения творческих вечеров, собраний. Также большое внимание уделяется возрождению народного искусства, расширению возможных жанров представлений, а также увеличение пропускной способности здания [2].

Таким образом, реконструкция учреждений культуры клубного типа должна быть связана с расширением функций как самого здания, так и прилегающей территории. Объект реконструкции должен быть рассмотрен комплексно, с

точки зрения его соответствия выдвигаемым требованиям, после чего, проект реконструкции должен содержать в себе соответствующие пункты по развитию и улучшению общественного пространства.

Научно-теоретические основы типологии общественных зданий, в соответствии с которыми могут быть проанализированы здания, или может разрабатываться проект реконструкции, является актуальной областью науки. К исследователям, посвятившим свои научные труды этой тематике можно отнести Гельфон А.Л. – автора учебных пособий по типологии общественных зданий; Бенаи Х.А., Радионов Т.В. имеют ряд публикаций, связанных с совершенствованием типологии зданий и сооружений, подлежащих реконструкции.

Однако проект реконструкции ДК должен также отталкиваться от интересов пользователей творческого пространства: персонала, актеров, посетителей и др. Поиск точек их соприкосновения приводит к обнаружению конфликтных ситуаций, связанных со зданием ДК и прилегающей к нему территории. Разрешение конфликтных ситуаций лучше всего будет происходить через анализ выявленных конфликтных ситуаций и вовлеченных в них участников, что и является сущностью конфликтологического подхода. Его применение позволит не только конкретизировать градостроительные проблемы и конфликты, но также выявить и определить пути их разрешения.

Целью исследования является выявление и классификация градостроительных конфликтов на прилегающей к ДК территории на примере ДК «Юбилейный» в г. Белгороде.

Объектов исследования являются ДК и прилегающая к нему территория.

Степень разработанности темы исследования. Выявлением способов актуализации ДК сегодня занимаются команда проекта «Идентичность в типовом» под руководством основателей бюро «VISOTA architects». Архитекторы начали активную работу по популяризации методов возрождения Домов культуры, представили свой проект на Международном фестивале Зодчество 2020 со специальной экспозицией и докладом на конференции «Новые форматы культурных центров, как часть проекта «Культурная среда» [3]. В рамках проекта «Идентичность в типовом» была проведена крупная реконструкция Городского ДК в Воронеже, концертного зала «Юпитер» в Нижнем Новгороде. Итогами реконструкции является создание крупных творческих пространств, полное переоборудование зрительных залов, установка современной техники. Принципами планирования досуговых центров авторы

идеи выдвигают: принцип пространства-конструктора, принцип многофункциональности, принцип открытости, принцип событийного программирования, доступности и акцента на человека.

Конфликтологический подход в процессе градостроительного планирования рассматривался рядом зарубежных и отечественных исследователей, среди которых Моисеев Ю.М., Фрейдин Е.О., Кончиков С.М., Медведев И.Р., Перькова. Московская школа конфликтологии под руководством Цой Л.Н. в 2003 году зарегистрировала Патент на полезную модель: «Система разрешения конфликтов на строительных объектах». Что по мнению обладателя патента является шагом к институализации конфликтов в России [4]. М.В. Перькова М.В. разработала классификацию основных видов градостроительных конфликтов и их участников, предложила методику выявления и разрешения градостроительных конфликтов [5, 6, 7]. Основным принципом разрешения конфликта является поиск баланса интересов между его участниками в рамках анализа двух видов конфликта: конфликта интересов и конфликта ценностей.

Методика и методология исследования. Градостроительный анализ территории в контексте района города позволит выявить особенности места и его потребителей. Применение конфликтологического подхода заключается в выявлении и классификации градостроительных конфликтов на прилегающей к дому культуры территории и в самом здании и их классификации. Моделирование выявленных градостроительных конфликтов и определение участников градостроительной деятельности. Применение конфликтологического подхода в анализе прилегающей к дому культуры территории позволит исследовать ее потенциал, выявить и классифицировать градостроительные конфликты между участниками градостроительной деятельности по отношению к территории, а также определить основные пути их разрешения.

Основная часть. Конфликтная напряженность возникает из-за несовместимых действий, несогласованных приоритетов, нереализованных запросов, неудовлетворённых потребностей, несовместимых ценностей, пространственных дисгармоний [8]. Под структурой градостроительного конфликта понимают такие понятия, как объект и предмет, стороны конфликта, ситуацию, условия, обстановку взаимодействия, цели сторон, интересы, потребности, стратегию и тактику противодействия [9]. Любое смещение баланса порождает возникновение конфликтов.

Территория, прилегающая к ДК должна рассматриваться в несколько этапов:

- аналитический (рассмотрение градостроительных аспектов территории);
- типологический этап (выявление и классификация градостроительных конфликтов, графическая их структуризация);
- разрешительный этап (включает разработку рекомендаций с целью поиска компромисса между участниками градостроительной деятельности) [5, 10].

В рамках данного исследования градостроительные конфликты — это ситуации столкновения интересов участников градостроительного

процесса по отношению к территории, прилегающей к ДК «Юбилейный». Данная территория характеризуется как общественное пространство. Исследование территории осуществлялось на основании материалов ПЗЗ г. Белгорода и Публичной кадастровой карты. Проведен градостроительный анализ территории: анализ ситуационного плана, опорного плана, выборки из Публичной кадастровой карты и схемы существующей транспортно-пешеходной сети (рис. 1).

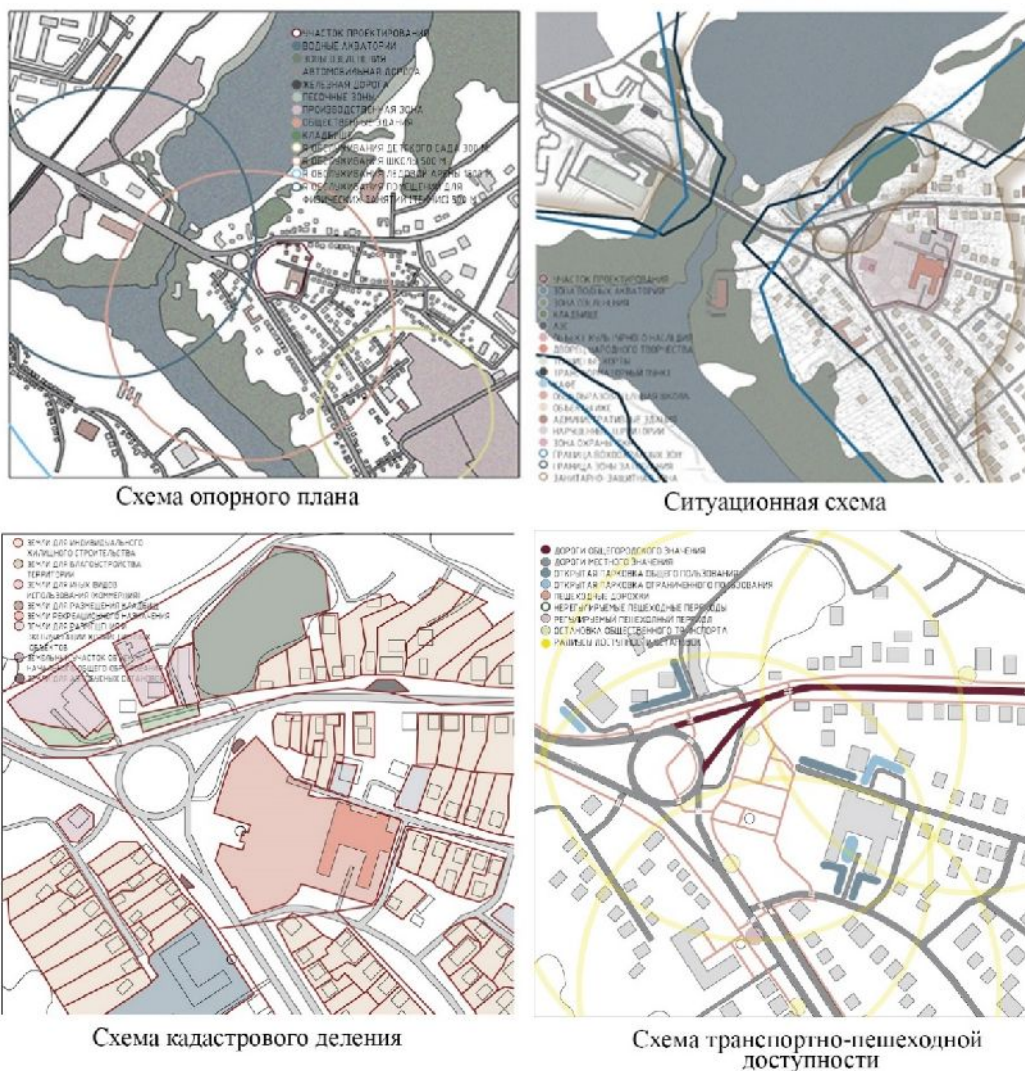


Рис. 1. Градостроительный анализ территории участка ДК «Юбилейный». Разработала Михайлова И.Д.

Градостроительный анализ территории и окружающего района города позволил выявить ряд особенностей места, его потребителей при предполагаемой реконструкции в рамках реализации программы Управления культуры Белгородской области. Участок проектирования располагается в пешей доступности от городских центров притяжения: главной пешеходной улицы города – Гражданский проспект, большой рекре-

ационной зоны города – городской пляж, железнодорожного вокзала, крупных спортивных центров: Теннисный клуб и детская школа им. Татищева, ледовая арена «Серебряный Донец», стадион (см. рис.1. Схема опорного плана). Подобное местоположение позволит гармонично вписать реконструируемый ДК как мультифункциональный зрелищный комплекс в существующую социальную инфраструктуру городских учреждений культуры рассматриваемого района.

Также в непосредственной близости расположены территория с индивидуальной жилой застройкой, кладбище, промышленная территория города (см. рис.1. Схема кадастрового деления, Ситуационная схема). На рассматриваемой территории согласно ПЗЗ, планируется масштабная реновация, которая заключается в многоэтажном жилищном строительстве, расширении дороги путем устройства развязок, модернизации территорий неработающих заводов и гаражей. Напротив ДК с юго-западной стороны располагается Средняя общеобразовательная школа №35. Пешеходный переход, соединяющий два участка, оборудован светофором. Учащиеся школы и их родители пользуются остановками общественного транспорта, примыкающими к площади ДК, но нет прямой транспортной связи с центральными районами города, необходимо делать пересадки с маршрута на маршрут на общественном транспорте. Велосипедные дорожки отсутствуют, существующая парковка фактически является несанкционированной (см. рис. 1. Схема транспортно-пешеходной доступности). На участке реконструкции скверы и аллеи находятся в запущенном состоянии, благоустройство давно

не проводилось. Брусчатка разрушена, асфальт размыт. В границах аллеи установлено наличие объекта культурного наследия. С северной стороны участок ДК граничит с обелиском "Братская могила советских воинов, погибших в боях с фашистскими захватчиками в 1943 г. Захоронено 483 человека, имена всех установлены". Его границы, указанные в официальном государственном реестре, должны быть учтены при разработке комплекса. Назначение участка вокруг ДК согласно Публичной кадастровой карте – объект рекреационного значения. В связи с этим проект реконструкции ДК с прилегающей территорией, не соответствует с фактической эксплуатацией территории. В ПЗЗ участок относится к общественно-деловой многофункциональной зоне, что не вступает в конфликт с его реальными функциями, а также возможными изменениями, связанными с реконструкцией.

В результате градостроительного анализа рассмотрены виды потребителей, которые также являются участниками существующих и потенциально возможных градостроительных конфликтов: физические и юридические лица (рис. 2).

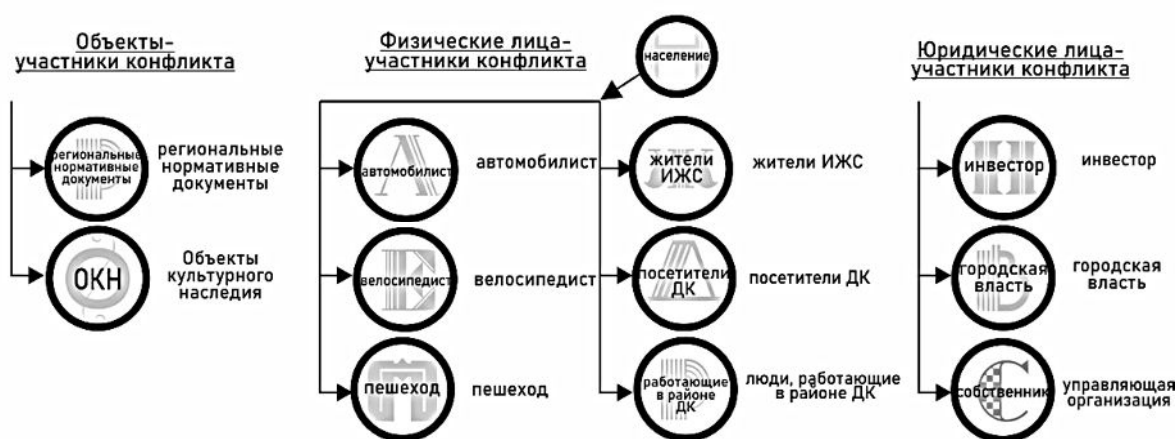


Рис. 2. Участники градостроительных конфликтов. Разработала Михайлова И.Д. по [5]

При выявлении градостроительных конфликтов на прилегающем к зданию участке следует учитывать функциональное назначение здания «Белгородского государственного центра народного творчества». На сегодняшний день он является морально устаревшим. Ряд строительных конструкций требуют замены, утрачена первоначальная функция объекта. В помещениях располагаются методические и рабочие кабинеты.

Согласно конфликтологическому подходу, разработанному Перьковой М.В. [4, 5] были выявлены и классифицированы градостроительные конфликты на исследуемой территории:

1. Нормативно-правовые.

1.1. Несоответствие между назначением территории согласно нормативным документами

и ее практическим состоянием (территория – региональные нормативные документы).

1.2. Конфликт между функцией объекта культуры и его реальным использованием (население – городская власть).

2. *Имущественный* может проявиться при межевании жилых близлежащих участков под общественные нужды (городская власть – собственники – управляющая компания – инвесторы).

3. Социально-функциональные.

3.1. Прилегающая к ДК рекреационная территория граничит с ОКН, необходимо планировочное согласование двух зон (территория - объект социальной инфраструктуры - население).

3.2. Прилегающая к ДК рекреационная территория граничит с индивидуальной жилой застройкой, необходимо планировочное согласование двух зон (территория – население – городская власть).

3.3. Прилегающая к ДК рекреационная территория граничит с начальной школой, необходимо планировочное согласование двух зон (территория – население – городская власть).

3.4. Большое количество рабочего пространства здания ДК занято под управленческие нужды (рабочие кабинеты), за счет сокращения кружковых и кабинетов для занятий творчеством. Это не позволяет Центру в полной мере исполнять поставленные перед ним задачи по обеспечению культурно-досуговой деятельности (территория – население – городская власть).

4. *Землепользовательский* заключается в потенциальном конфликте участников градостроительной деятельности при зонировании

участка в процессе реконструкции ДК как территории для капитального строительства (городская власть – территория – собственник – население).

5. Транспортные.

5.1. Отсутствие пешеходных и велосипедных дорожек с покрытием (территория – велосипедисты – пешеходы).

5.2. Отсутствие организованной парковки для личного транспорта посетителей ДК (территория – личный транспорт – велосипедист – пешеход).

Выявленные конфликты представляют собой совокупность элементов с позитивными или негативными связями между ними [11]. Согласно выявленным и классифицированным конфликтам построим модели их структуры (рис. 3).

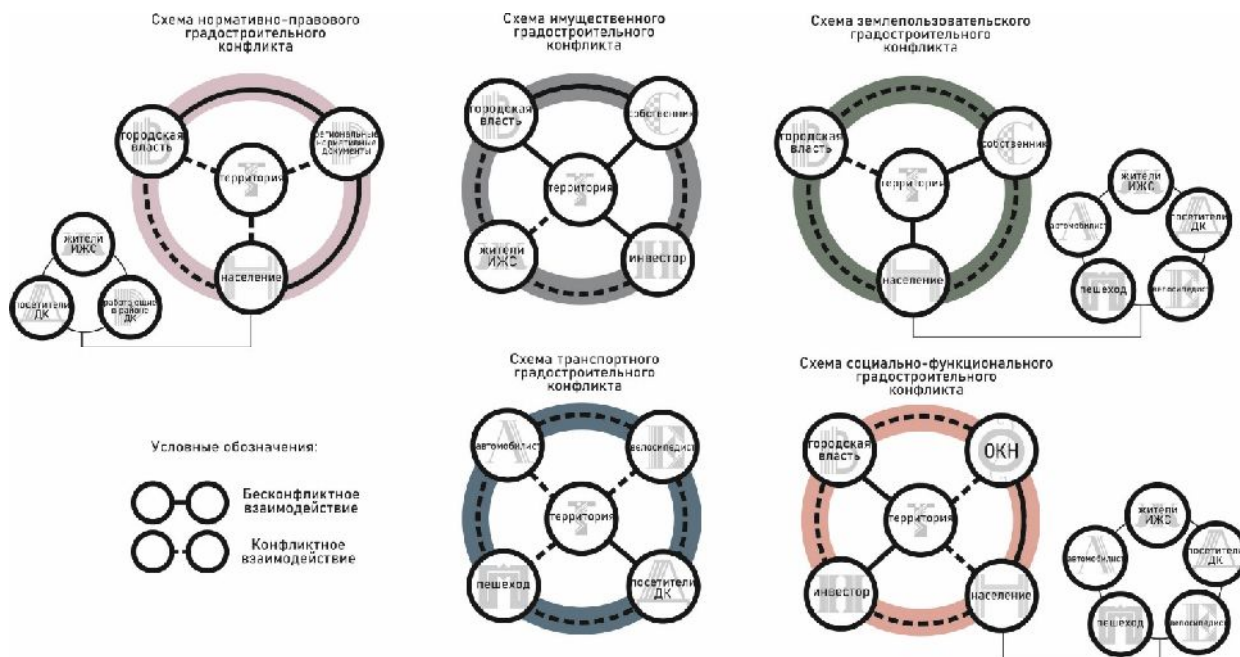
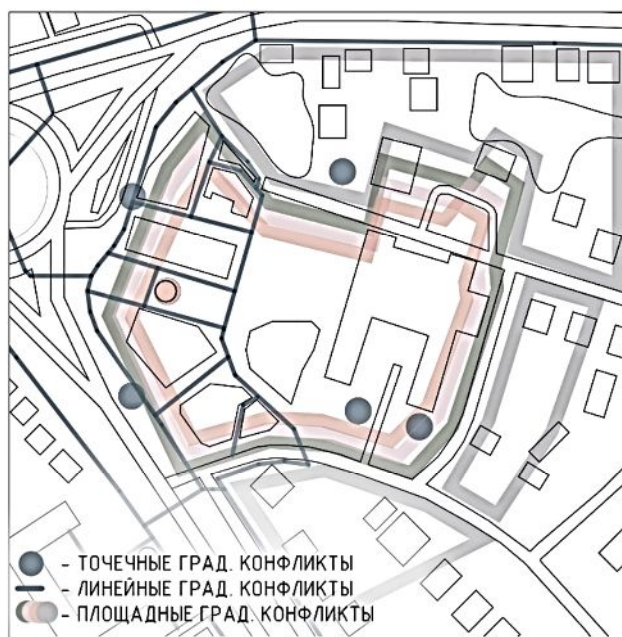


Рис. 3. Модели структуры градостроительных конфликтов на прилегающей к ДК «Юбилейный» территории. Разработала Михайлова И.Д. по [5]

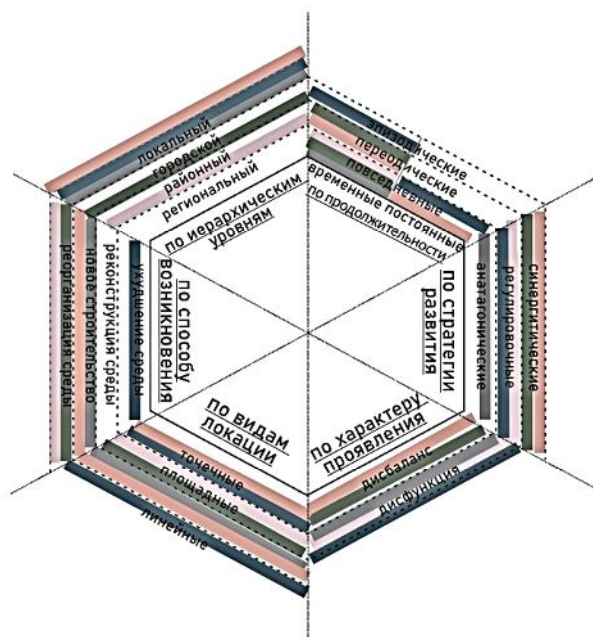
Разработаем теоретическую и пространственную модели выявленных градостроительных конфликтов на исследуемой территории по классификации Перьковой М.В. [4, 5, 6] (рис. 4).

Выявление и классификация градостроительных конфликтов на участке, прилегающем к зданию «Белгородского государственного центра

народного творчества» позволяет сделать ряд выводов, у истоков которых стоят проблемы отсутствия функциональности, событийности общественного пространства, а также сложный процесс вовлечения населения в вопросы его организации. Различные городские сообщества в силу разных причин выдвигают к городской среде противоречивые требования [12].



Пространственная модель выявленных градостроительных конфликтов и их классификация



Теоретическая модель выявленных градостроительных конфликтов и их классификация

Рис. 4. Теоретическая и пространственная модели классификации градостроительных конфликтов на прилегающей к зданию «Белгородского государственного центра народного творчества» территории. Разработала Михайлова И.Д.

Таким образом, к полученным в ходе исследования выводам можно отнести:

1. Большое количество выявленных градостроительных конфликтов на участке возникают вследствие морально устаревшей системы пешеходных и велосипедных дорожек, транспортных подъездов, организованных открытых парковок, не отвечающих современным требованиям благоустройства. Необходима разработка и реализация проектов по реконструкции прилегающей территории.

2. Функциональный, транспортный и имущественный конфликты имеют локальный характер. Землепользовательские конфликты следует рассматривать с точки зрения вовлечения в него всего города, так как одним из его ключевых участников является городская власть. Нормативно-правовые конфликты возникают на уровне района города. В нем принимают участие не только муниципальные власти Белгорода, но и Управление культуры области (существующая система рабочих пространств, кабинетов для работников культуры области на территории ДК).

3. Выявленные конфликты по продолжительности можно классифицировать как временные и постоянные. К временным относятся конфликты, возникающие в результате физического износа, разрушения здания центра народного творчества, а также конфликты, связанные с частичной утратой первоначальных функций ДК (ряд бывших кружковых помещений приспособ-

лен под рабочие кабинеты персонала). К постоянным градостроительным конфликтам на территории относятся транспортные и социально-функциональные, где возникающие противоречия неизбежны и возникают по причине различных интересов горожан.

4. По характеру проявления выявленные конфликты классифицируются как ситуации дисбаланса в ее функциональных и территориальных подсистемах. К дисфункции относится нормативно-правовой конфликт, где прописанные документально функции здания и прилегающей территории не реализуются в повседневной жизни.

5. Конфликты присутствуют и непосредственно в объеме здания ДК. Например, социально-функциональные конфликты наиболее остро выражаются в разделении рабочего пространства здания между нуждами рабочего персонала (методические кабинеты) и интересами посетителей ДК, так как большинство кружковых площадок сегодня не используются по назначению.

Результаты

Анализ градостроительных конфликтов и их классификация позволили разработать рекомендации по развитию рассматриваемой территории:

1. Возвращение ДК функции культурно-развлекательного зрелищного здания: перемещение рабочих и методических кабинетов в областной центр культуры для разрешения нормативно-

правовых градостроительных конфликтов. Методические рабочие места Управления культуры Белгородской области были расположены на месте кружковых помещений, спортивного крыла, а также комнат, относящихся к сценической группе помещений ДК. Перемещение кабинетов служащих будет способствовать возрождению и увеличению площади творческого пространства народного центра: проведению воркшопов, организации коворкинга, возобновление кружковых занятий по различным направлениям для разных возрастных групп и интересов горожан.

2. Рекомендуется регулирование имущественного конфликта путем выкупа некоторых прилегающих частных территорий, которые в последующем можно будет задействовать в проекте реконструкции. Это позволит создать современную многофункциональную среду, в которой спортивные и творческие учреждения будут способны обслуживать не только население жилого района, но и других районов города (в том числе пригородных), стать мощным центром притяжения.

3. В проекте реконструкции здания и прилегающей территории должен использоваться метод синергии для разрешения существующих и потенциально возможных градостроительных конфликтов. Метод синергии в данном случае заключается во взаимоусилении функций за счет друг друга. Проект реконструкции должен рассматривать прилегаемую территорию комплексно, как сложный, уникальный неделимый объект, но в тоже время динамичный и изменчивый, с набором факторов, оказывающих взаимное влияние друг на друга [13]. Функции здания должны быть разнообразны, удовлетворять потребностям детей и подростков в развлечении и образовании. При этом рекомендуется в процессе реконструкции проектирование нескольких концертных залов различной вместимости и назначения. Предложенные мероприятия также позволят создать дополнительные места для постоянной и/или сезонной работы.

4. Урегулирование социально-функциональных конфликтов в рекреационной зоне планировочными средствами – пространственными связями ОКН, жилой застройки территории школы и общественного пространства на прилегающей к ДК территории. Площадь перед зданием также необходимо благоустроить, используя сценарный подход в организации общественного пространства, чтобы обеспечить ее всесезонное использование. Ведь функционализация городского пространства – это процесс ее начального планирования [14].

5. Учет современных требований по благоустройству транспортно-пешеходной сети для

урегулирования транспортных конфликтов: создание сценария движения по территории поможет сформировать потенциальные пространственные рамки, также обеспечивающие трансформацию архитектурного объекта в элемент целостной системы городской ткани [15]. Проводимые на участке ДК работы, должны представлять собой обустройство парковочных мест для личного транспорта и велосипедистов, организацию транзитных велосипедных дорожек, оптимизацию маршрутов общественного транспорта в общегородской системе маршрутов.

Выводы

Таким образом, в результате проведенного исследования обоснована необходимость реконструкции здания «Белгородского государственного центра народного творчества» с прилегающей территорией, расположенной по ул. Широкая в городе Белгород. Обоснованием выбора территории явились ее выгодное градостроительное положение в структуре города, а также необходимость реконструкции и возрождения морально и физически устаревшего фонда ДК.

Использование конфликтологического подхода позволило выявить и классифицировать градостроительные конфликты, возникающие на территории ДК Юбилейный, к которым относятся *нормативно-правовые, имущественные, социально – функциональные, транспортные и землепользовательские*. Определены участники градостроительных конфликтов и их интересы.

Разработаны: теоретическая модель выявленных градостроительных конфликтов с их классификацией, пространственная модель локализации градостроительных конфликтов на рассматриваемой территории. Согласно разработанной модели выявлено, что транспортные точечные градостроительные конфликты возникают в местах остановок общественного транспорта, несанкционированных открытых парковок общего пользования. Линейные транспортные конфликты возникают в местах пешеходных велосипедных дорожек, автомобильных подъездов и местах их пересечения. Площадные землепользовательские, нормативно-правовые и социально-функциональные имеют место в границах территории ДК Юбилейный, а имущественные площадные конфликты на территориях вокруг него.

Предложены рекомендации по градостроительному развитию территории, которые позволят разрешить ряд выявленных градостроительных конфликтов и разработать проектное предложение по реконструкции здания ДК «Юбилейный».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Портал Министерства культуры РФ. Национальный проект культура. <https://culture.gov.ru/about/national-project/publications/>
2. Chechel I.N., Mikhailova I.D., Chechel I.P. Reconstruction of cultural and leisure buildings of the Soviet period. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 944. 012005. doi:10.1088/1757-899X/944/1/012005
3. Петухова Е., Чирков А. Формируя культурную среду [Электронный ресурс] // Архитектура России Archi.ru. URL: <https://archi.ru/russia/88275/formiruya-kulturnuyu-sredu> (дата обращения 06.02.21).
4. Патент «Система разрешения конфликтов на строительных объектах» [Электронный ресурс] // Московская Школа Конфликтологии. URL: <https://conflictmanagement.ru/patent-sistema-razresheniya-konfliktov-na-stroitelnykh-obektax/> (дата обращения 12.12.20).
5. Перькова М.В. Конфликтологический подход в градостроительстве* // Архитектура и строительство России. 2018. № 2. С. 92–99.
6. Перькова М.В. Градостроительное развитие региональной системы расселения и ее элементов (на примере Белгородской области) // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2019
7. Перькова М.В., Вайтенс А.Г., Баклаженко Е.В. Классификация градостроительных конфликтов // Вестник БГТУ им. Шухова. 2018. № 12. С. 83–90.
8. Моисеев Ю.М. Управление градостроительными конфликтами в операционном контексте стратегического планирования // Научные труды Вольного экономического общества. М. 2012. Т. 157. С. 167–194.
9. Конечков С.М. Модель структуры градостроительных конфликтов // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. №3(44). С. 244–261.
10. Perkova, M.V., Baklazhenko, E.V., Vaytens, A.G. Method for Identifying and Resolving Conflicts in Urban Riverside Development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 459(5). 052024. doi:10.1088/1755-1315/459/5/052024
11. Фрейдин Е.О. Конфликтологическая концепция градостроительной деятельности (градостроительная конфликтология) // «Сибирская архитектурно-художественная школа: наука, практика, образование»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск: ООО Издательство «Сибпринт», 2007. 193 с.
12. Гельфонд А.Л., Дуцев М.В. Общественные пространства малых исторических городов. В поисках адресата // Проект Байкал. 2019. Т. 16. № 61. С. 119–126.
13. Milojević B. Integrated urban planning of Banjaluka -possibilities and chalenges of new urban plan. Савремена теорија и пракса у градитељству. 2018. 13(1). 352–368. DOI:10.7251/STP1813352M
14. Çelikyay S. A Theoretical Framework on Retro-Fitting Process Based on Urban Ecology, Sustainable Urbanization, InTech. 2016. 252–267.
15. Gelfond A.L. Contemporary architecture of the Baltic capitals: the global in the identical, the identical in the global. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. 775. 012017. doi:10.1088/1757-899X/775/1/012017

Информация об авторах

Михайлова Ирина Денисовна, магистрант. E-mail: Irinakitaeva@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Перькова Маргарита Викторовна. Доктор архитектуры, доцент, советник РААСН. E-mail: perkova.margo@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46.

Чечель Ирина Николаевна, заслуженный архитектор РФ, доцент. E-mail: golden-line7@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 10.02.2021 г.

© Михайлова И.Д., Перькова М.В., Чечель И.Н., 2021

*Mikhailova I.D., Perkova M.V., Chechel I.N.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: Irinakitaeza@gmail.com

CONFLICTOLOGICAL APPROACH IN THE ANALYSIS OF THE TERRITORY, ADJACENT TO CULTURAL CENTER (ON THE EXAMPLE OF CULTURAL CENTER "YUBILEYNY" IN BELGOROD)

Abstract. The reconstruction of clubs and cultural centers is one of the current trends in architecture. The research carried out within this framework is aimed at reviving the spectacular buildings of the second half of the XX century as urban centers of attraction, leisure and additional education. To date, it is necessary to review the methods of reconstruction of cultural centers of the Soviet period, the search for new approaches in solving the problems of reconstruction of the object and the adjacent territory. The study suggests the use of a conflictological approach in the analysis of the territory adjacent to the cultural center. This will allow exploring its potential, identifying and classifying urban conflicts between participants in urban development activities in relation to the territory, to determine the main ways to resolve them. On the example of the territory adjacent to the cultural center "Yubileyny" in Belgorod, urban planning conflicts in the studied territory are identified and classified: regulatory, property, socio-functional, land use, transport, which are a set of elements with positive or negative connections between them. According to the identified and classified conflicts, models of their structure with the participants of urban development activities and their interests in relation to the territory under consideration are constructed. The analysis of urban conflicts and their classification became the basis for the development of recommendations for urban development of the territory, which will allow to resolve a number of identified urban conflicts and develop a project proposal for the reconstruction of "Yubileyny".

Keywords: city, cultural center, urban conflicts, classification, models, reconstruction.

REFERENCES

1. Portal of the Ministry of Culture of the Russian Federation. National project culture [Nacionalnyj proekt kultura]. AdobeAcrobatReader. URL: <https://culture.gov.ru/about/national-project/publications/> (date of treatment: 09.01.2021)
2. Chechel I.N., Mikhailova I.D., Chechel I.P. Reconstruction of cultural and leisure buildings of the Soviet period. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 944. 012005. doi:10.1088/1757-899X/944/1/012005
3. Petukhova E., Chirkov A. Forming the cultural environment [Formiruya kulturnuyu sredu]. Archi.ru. AdobeAcrobatReader. URL: <https://archi.ru/russia/88275/formiruya-kulturnuyu-sredu> (date of treatment: 06.02.2021)
4. Patent "Conflict resolution system at construction sites" [Patent «Sistema razresheniya konfliktov na stroitelnyh obektah»]. Moscow School Of Conflict Resolution. AdobeAcrobatReader. URL: <https://conflictmanagement.ru/patent-sistema-razresheniya-konfliktov-na-stroitelnyx-obektah/> (date of treatment: 12.12.2020) (rus)
5. Perkova M.V. Conflictological approach in urban planning [Konfliktologicheskij podhod v gradostroitelstve]. Architecture and Construction of Russia. 2018. No. 2. Pp. 92–99. (rus)
6. Perkova M.V. Urban development of the regional settlement system and its elements (on the example of the Belgorod region) [Gradostroitelnoe razvitie regionalnoj sistemy rasseleniya i ee elementov (na primere Belgorodskoj oblasti)]. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Architecture / St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Saint Petersburg, 2019 (rus)
7. Perkova M.V., Vaytens A.G., Baklazhenko E.V. Classification of urban conflicts. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 12. Pp. 83–90. (rus)
8. Moiseev Yu.M. Management of urban conflicts in the operational context of strategic planning [Upravlenie gradostroitelnyimi konfliktami v operacionnom kontekste strategicheskogo planirovaniya]. Scientific works of the Free Economic Society. 2012. Vol. 157. Pp. 167–194. (rus)
9. Konchekov S.M. Model of the structure of urban conflicts [Model struktury gradostroitelnyh konfliktov]. Architecture and Modern Information Technologies. 2018. No. 3(44). Pp. 244–261. (rus)
10. Perkova M.V., Baklazhenko E.V., Vaytens A.G. Method for Identifying and Resolving Conflicts in Urban Riverside Development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 459(5). 052024
11. Freidin E.O. Conflictological concept of urban development (urban design) [Konfliktologicheskaya koncepciya gradostroitelnoj deyatel'nosti (gradostroitel'naya konfliktologiya)]. "Siberian architectural school: science, practice, education": Materials of all-Russian scientific-practical conference.

Novosibirsk: Sibprint Publishing House, LLC, 2007. 193 p. (rus)

12. Gelfond A.L., Dutsev M.V. Public spaces of small historic towns. In search of the addressee. Baikal Project. 2019. Vol.16. No. 61. Pp. 119–126.

13. Milojević B. Integrated urban planning of Banjaluka -possibilities and chalenges of new urban plan. 2018. 13(1). 352–368. doi:10.7251/STP1813352M

14. Çelikyay S.A Theoretical Framework on Retro-Fitting Process Based on Urban Ecology, Sustainable Urbanization, InTech. 2016. Pp. 252–267.

15. Gelfond A.L. Contemporary architecture of the Baltic capitals: the global in the identical, the identical in the global. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. 775. 012017. doi:10.1088/1757-899X/775/1/012017

Information about the authors

Mikhailova, Irina D. Master student. E-mail: Irinakitaeza@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Perkova, Margarita V. Doctor of Architecture, Associate Professor, adviser of Russian Academy of architecture and construction Sciences. E-mail: perkova.margo@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 308012, Belgorod, Kostyukov str., 46. BSTU.

Chechel, Irina N. Assistant Professor. E-mail: golden-line7@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 10.02.2021

Для цитирования:

Михайлова И.Д., Перькова М.В., Чечель И.Н. Конфликтологический подход при анализе территории, прилегающей к дому культуры (на примере ДК «Юбилейный» в г. Белгороде) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 64–73. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-64-73

For citation:

Mikhailova I.D., Perkova M.V., Chechel I.N. Conflictological approach in the analysis of the territory, adjacent to cultural center (on the example of cultural center “yubileyny” in Belgorod). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 64–73. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-64-73

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-74-86

**Астанин Д.М.*

Вологодский государственный университет

**E-mail: montenegro.astanin@mail.ru*

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Аннотация. При информационном моделировании важно определить содержание, направление и форму информационных потоков. Информационные потоки экологического просвещения формируются в визит-центре, распределяются по территории экотуризма и направлены на формирование экологического менталитета у различных групп посетителей территории экотуризма. Информационная система экологического образования и просвещения, формирующая ответственное отношение туристов к окружающей их природной среде, интегрирована в туристический каркас территории. Декомпозиция сети туристических маршрутов в центральной части Восточного Саяна позволила определить поле влияния информационных центров и, на этом основании выявить основные характеристики: главную тему экспозиций, экологических маршрутов, набор функций, архитектурный стиль. Территория экотуризма рассматривается как социальное пространство. Сила влияния информационных объектов зависит от их позиции в социальном пространстве, которая определяется величиной их социального капитала. Методологическим подходом в моделировании информационного содержания эколого-просветительского визит-центра является концепция социального поля П. Бурдьё, с позиции которой экологическое поле стремится максимально увеличить свое влияние. Институтом, оказывающим это влияние, является система просвещения. В результате, автором предложена концептуальная модель системы экологического просвещения, суть которой состоит в том, что содержание главной темы визит-центра должно соответствовать его полю влияния.

Ключевые слова: социальное пространство, культурное пространство, экологическая ценность, культурная ценность, рекреационная ценность, концепция социального поля П. Бурдьё, акторно-сетевая теория, физическое пространство природных и природно-антропогенных ландшафтов, сетевое пространство туристических маршрутов, пространство эколого-просветительских информационных потоков.

Введение. Любой объект может быть представлен в виде модели его информационной структуры.

Экологическое просвещение, представленное как непрерывная цепь информационно-коммуникационных потоков, не является исключением. Экологическое просвещение является эффективным методом управления рекреационным воздействием на территории экотуризма. Оно дает знания о природе и культуре территории и, соответственно, формирует экологический менталитет.

Именно формирование экологического менталитета является основным путем, ведущим к сбалансированному развитию человека и природы. Поэтому информационное моделирование территории экотуризма – это моделирование социального пространства. Реализуя потенциал окружающей среды, совершенствуя деятельность учреждений, можно обеспечить рост качественных параметров образа жизни человека, создавать возможности для развития и самореализации человека.

Информационным объектом на территории экотуризма являются эколого-просветительские информационные визит-центры, целью создания которых является формирование экологического

сознания у посетителей. Основной задачей визит-центров является организация информационных потоков, которые обеспечивают создание у посетителей незабываемого образа территории, формируют ответственное отношение к окружающей среде и способствуют осознанному выбору туристических маршрутов и услуг.

При информационном моделировании важно определить содержание и форму информационных объектов. Содержание – это концепция, главная тема информации визит-центров. Для воплощения содержания необходима грамотная с точки зрения градостроительства и архитектуры форма визит-центра, которая включает следующие параметры: архитектурный стиль, технологии строительства, функции объекта.

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

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

Для усиления информационного влияния на посетителей содержание информации должно представлять хорошо организованную систему. Содержание информации воплощается в главной теме визит-центра. Ее функция состоит главным образом в том, чтобы задать тон, направить и ограничить содержание выставок. Главная тема – это характеристика конкретной территории, фундаментально наполненная содержанием, которое будет оказывать большее воздействие на посетителей, потому что оно будет ясное и целенаправленное. Без основной темы содержание выставки будет состоять фрагментировано, и давать информацию ради информации – вместо того, чтобы донести до посетителей опыт, имеющий глубокое содержание.

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

Информационному наполнению визит-центра должен соответствовать образ объекта, направленный на чувственное восприятие территории. Для воплощения содержания главной темы необходима грамотная с точки зрения экологии, градостроительства и архитектуры форма подачи информации, которая наиболее полно отражает уникальность территории, ее природные и культурные особенности.

Постановка проблемы. Исследуются территориальные предпосылки создания в центральной части Восточного Саяна территории экологического туризма. В настоящий момент самостоятельный туристический поток в Саянском районе Красноярского края составляет 12 тысяч человек в год.

В экологическом отношении исследуемая территория является эталонной, она входит в 200 экорегионов мира, где сосредоточено 90 % биоразнообразия планеты. Основная проблема, возникающая от рекреационного использования территории – замусоривание участков возле охотничьих зимовий и вандализм (пожог избушек). Поэтому возможно последовательное увеличение туристического потока при постоянном мониторинге экологического состояния экосистемы.

Массовое развитие туризма привело к критическому увеличению рекреационных нагрузок на туристические территории, что стало причиной деградации природной среды, снижению биологического разнообразия экосистем и последующему снижению туристического интереса к территории.

Снижение эстетических и экологических свойств природных ландшафтов может быть результатом безответственного поведения туристов. Самым распространенным воздействием подобного рода является замусоривание террито-

рии, вандализм, приводящий к разрушению объектов туристического притяжения. Отходы от туристической деятельности, как и способы их устранения, приводит к ухудшению санитарных условий природной территории.

Маршрут от аэропорта Лукла до базового лагеря у подножия горы Эверест получил неофициальное название – «тропа мусора и туалетной бумаги». Самостоятельные туристы каждое лето оккупируют побережье Байкала, оставляя после отдыха в выходные дни до одного ведра мусора от каждого посетителя.

Шалаболинские петроглифы, расположенные на правом берегу р. Туба (правый приток р. Енисей) являются древним культовым комплексом. В результате неконтролируемого туризма в большом количестве появляются современные надписи поверх рисунков, разрушаются силуэты, контуры и детали изображений.

Происходящие на туристских территориях негативные изменения потребовали поиска подходов к управлению рекреационным воздействием на туристические территории.

С середины 2000-х гг. исследования в области управления рекреационным воздействием встраиваются в концепцию устойчивого развития. Концепция устойчивого развития была сформулирована как способ преодоления главной для современной цивилизации экологической угрозы. В основе концепции устойчивого развития лежит мировоззренческий образ будущего – гармоничное сосуществование человека и природы, идея изменения поведения людей для сохранения природного и культурного наследия для будущих поколений. В итоге в 1996 г. ВТО, Всемирным советом по путешествиям и туризму (WTTC), организацией «Зеленый мир» разработана концепция устойчивого развития туризма в 21-м веке: «Agenda 21 for travel and tourism industry», где была предложена программа действий для государственных организаций и туристических компаний [1]. Программа включает необходимость организации системы экологического образования и воспитания широких слоев населения, в целях повышения культуры природопользования, сохранения и восстановления уникальных природных комплексов;

Для достижения прогнозируемого результата в социальной сфере (мировоззренческого образа будущего) возникает необходимость в социальном проектировании и моделировании градостроительного обустройства территорий экотуризма.

Степень изученности проблемы. Социальное направление в проектировании возникло в конце прошлого столетия. Такие исследователи как В.Л. Глазычев, Г.П. Щедровицкий, О.И. Генисаретский, А.Г. Раппапорт и др. [2–6] впервые

рассмотрели проектирование как путь решения социальных проблем. Важной вехой в реализации этого направления стала книга американского архитектора и специалиста по кросс-культурным исследованиям А. Рапопорта *House Form & Culture* («Форма дома и культура», 1969) [7], где автор утверждает, что форма дома – это не просто результат действия физических сил или какого-то случайного фактора, а последовательность воздействий целого спектра социально-культурных факторов.

Социологизация исследований в области развития туризма была предпринята Российским научно-исследовательским институтом природного и культурного наследия (Ю.А. Веденин, Ю.С. Путрик, В.Л. Каганский) [9–12]. Развитие теории культурного ландшафта привело к пониманию значения для развития туризма и сохранения природы воздействие ландшафта на человека. Поэтому большее внимание стало уделяться изучению информационного поля ландшафта, созданию привлекательного образа территории.

В начале 70-х годов 20-го века научный оборот введена категория социального пространства, которое согласно концепции П. Бурдьё рассматривалось как топология, разделенная на ряд элементов – полей. Поля имеют силовой характер и посредством информации, механизмов культуры воздействуют на людей.

Акцентированное внимание на форме объекта было положено в теории катастроф (морфогенеза) Рене Тома: для устойчивости формы объекта необходимо определить параметры управляющие формой [13–14].

Согласно акторно-сетевой теории (Джон Ло) пространство выступает как способ организации объектов [15]. Поэтому, проектирование формы объектов предполагает определение параметров пространств в которых объект существует. Синтез этих позиций в социальной топологии может служить методологическим путем моделирования социального пространства. В туризме – это моделирование информационных объектов.

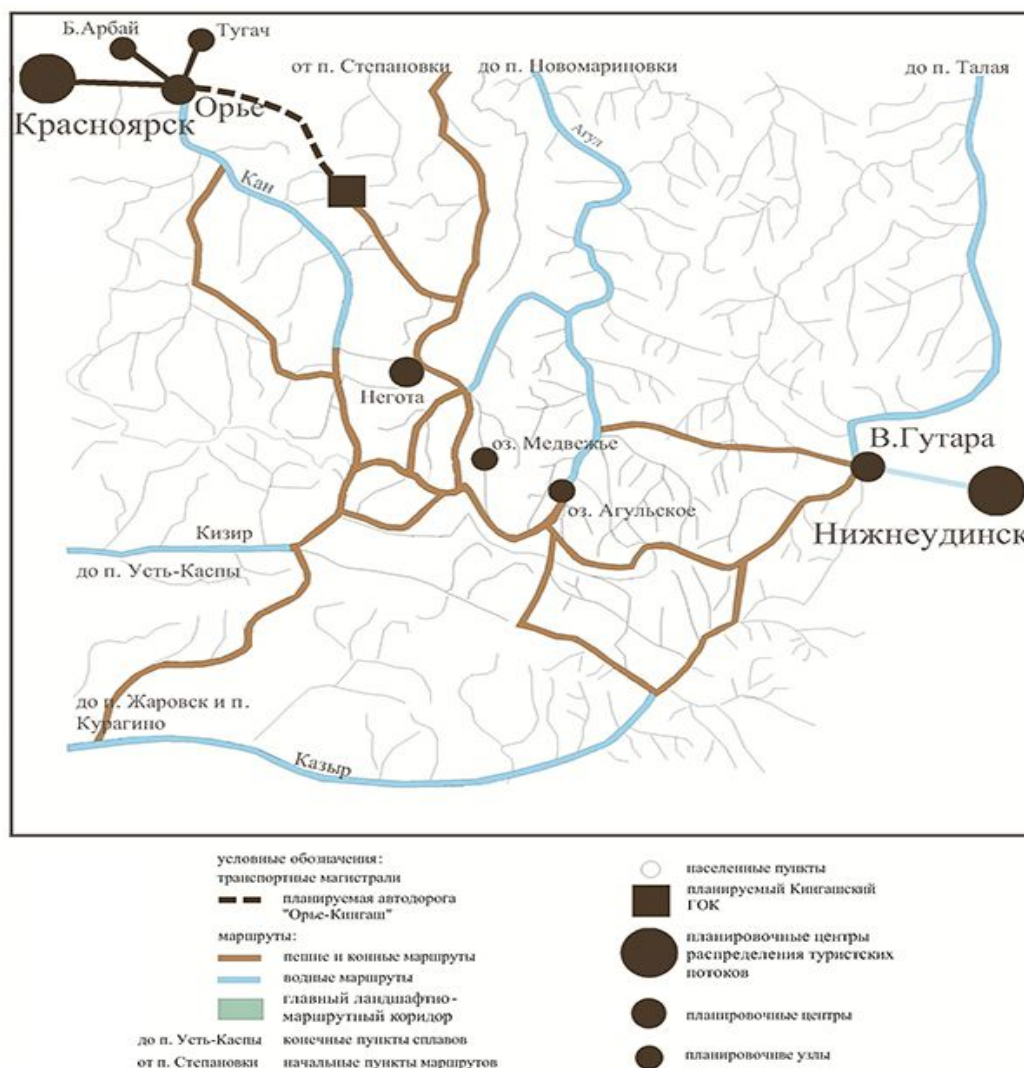


Рис. 1. Территориальное планирование экопросветительских учреждений центральной части Восточного Саяна [28]

Материалы и методы.

Моделирование содержания эколого-просветительской информации. Методической основой моделирования содержания (главной темы) визит-центра стала модель социального поля П. Бурдьё. Влияние визит-центра зависит от его позиции в социальном пространстве, то есть от величины культурного капитала. Посредством расчленения пространства на структурные элементы - позиции объекта в конкретной точке пространства, можно определить конфигурацию поля влияния объекта и, оценить объем и структуру его культурного капитала, иначе говоря, легитимную для данного места модель гармоничного взаимодействия человека и природы. Это позволяет проектировать содержание и структуру главной темы визит-центра, которая и транслирует для посетителей легитимную модель [17].

Для усиления влияния экологического поля автором предложена концептуальная модель системы экологического просвещения, суть которой состоит в том, что содержание информации визит-центра (главная тема) должно соответствовать месту его локализации – полю влияния визит-центра на посетителей.

Моделирование формы эколого-просветительской информации. Для чувственного влияния на посетителей объект должен иметь характерный, индивидуальный облик, ассоциированный именно с данным местом. Поэтому конструирование устойчивой формы объектов предполагает включение пространственных отношений. В рамках акторно-сетевой теории объекты являются пересечением различных пространств – регионов, сетей и потоков. Пространства создают объекты определенной формы и устанавливают пределы условиям возможности существования объектов [17].

Эколого-просветительский информационный визит-центр – это топологически множественный объект, который существует и преобразует три формы пространственности: физическое пространство природных и природно-антропогенных ландшафтов, сетевое пространство туристических маршрутов и пространство эколого-просветительских информационных потоков. В информационном пространстве для устойчивого существования объекта необходима постоянная трансформация.

Влияние экологической ценности территории на проектирование визит-центра. Встроенные в природный ландшафт искусственные сооружения функционируют в нем, подчиняясь природным законам. Новые антропогенные объекты физически входят в ландшафт, становятся его элементами. Но не обусловлены им и

поэтому являются чужеродными. Ландшафт стремится отторгнуть их или модифицировать. Для повышения устойчивости внедряемых элементов человек должен максимально уменьшать их «чужеродность» для ландшафта: минимизируя степень изменения ландшафта или делая объект максимально естественным [18].

Культурная ценность ландшафтов. В естественно развившихся традиционных культурных ландшафтах природные процессы, в результате длительных, целенаправленных воздействий человека, претерпевают определенные изменения. Природные компоненты ландшафта адаптируются к этим изменениям, в результате чего формируется ландшафтный комплекс, где сложным образом переплетаются процессы природной эволюции и целенаправленной деятельности. Исторически сложившийся культурный ландшафт целесообразен, ему присущи черты живого организма или биоценоза. Эти черты сознательно или неосознанно заимствуются у природы проживающим в этой местности народом в устройстве быта, жилищ, усадеб. Визит-центр, становясь элементом культурного пространства, должен репрезентативно представлять соответствующий геокультурный район и, с высокой степенью выразительности, демонстрировать отличительные черты [24] региональной архитектуры, в которой отражен результат наложения исторических и культурных волн.

Рекреационная ценность. Эстетика природного ландшафта – красота, индивидуальность местности, ее привлекательность для человека – является видом природного ресурса, необходимого для отдыха, восстановления сил и здоровья людей. Критерием эстетической ценности результатов преобразовательной деятельности человека выступают закономерности природы, которые являются основанием красоты: фактура, цвет форма, композиция [24]. Нарушение этих закономерностей приводит к разрушению эстетического значения природы. Поэтому важно сохранить эстетическое единство рекреационного пространства и объекта, то есть гармонично интегрировать визит-центр в ландшафт и с его помощью раскрыть наиболее эстетически ценное в природном ландшафте.

Влияние туристической сети на проектирование визит-центров. Как объект, существующий в сети туристических маршрутов, визит-центр сохраняет свою целостность, благодаря порядку постоянно выполняемых функций, неразрывно связанных с функциями, выполняемыми элементами туристической сети. Единство функциональной направленности туристической сети и визит-центра создает синергетический эффект в экологическом просвещении.

Элементы туристической сети могут выполнять различные функции: познавательную, развлекательную, научную, информационную. Поэтому, визит-центр – это многофункциональный объект, что хорошо согласуется с охраной природы, так как полифункциональное строительство дает возможность сокращать площадь застройки путем объединения различных функций в одном здании.

Функцией-доминантой визит-центра является эколого-просветительская функция, которая институционально закреплена за учреждением и состоит в просветительской работе. Как туристско-информационный центр, визит-центр предоставляет туристическую информации об отдыхе, достопримечательностях, объектах туристического показа, маршрутах, обычаях местного населения.

Научно-исследовательская функция визит-центра состоит в проведении научных исследований, создании музейных экспозиций.

Главная цель визит-центра, как познавательно-развлекательного, развить у туристов через развлечения чувство бережного отношения к природе.

Содержание и форма информационного объекта конструируется внутренними, в пределах своей географической локации (поле влияния) пространственными отношениями. Пересечения форм пространственности задают характеристики визит-центра: порядок выполняемых функций, главную тему экспозиций, архитектурный стиль, технологии строительства.

Основная часть. Информационная система экологического образования и просвещения, формирующая ответственное отношение туристов к окружающей их природной среде, интегрирована в туристический каркас территории. Структура связанной туристической сети служит отображением возможности сети по распределению экологической информации между информационными центрами. Декомпозиция графа сети туристических маршрутов в центральной части Восточного Саяна позволила определить поле влияния информационных центров и, на этом основании выявить основные характеристики: главную тему экспозиций, экологических маршрутов, набор функций, архитектурный стиль.

Объекты моделирования:

1. Главный эколого-просветительский, культурный, развлекательный, информационный визит-центр территории расположен в опорном

планировочном центре «Приисковый» – нежилом поселке золотодобытчиков Негота.

Через поселок Негота проходили основные пути охотников-промысловиков, золотоискателей, научные экспедиции Д.К. Соловьева, Г.Л. Федосеева [18–22], в результате деятельности которых были организованы Саянский заповедник и Тофаларский заказник. Туристические маршруты, которые начинаются в планировочном центре, – сплавы по Малому Агулу, Агулу, Кизиру и Кану, пешие и конные маршруты по Тукшинскому и Канскому белогорьям в долину реки Дикий Кан, Малый Агул, г. Пирамида, Хребтовому озеру, по следам экспедиций Д.К. Соловьева и Г.Л. Федосеева. Подграф главного визит-центра показывает, что поле его влияния охватывает основную часть территории экотуризма. Главная тема экспозиций визит-центра – это процесс освоения природного комплекса Восточных Саян. Поэтому, в состав визит-центра входят музеи золотодобычи, пушного промысла, основания заповедного дела в России. Дополнительной инфраструктурой визит-центра являются познавательно-развлекательная площадка «Золотой прииск», демонстрационный вольер пушных зверей (соболь) и система маркированных эколого-просветительских маршрутов к избушке Д.К. Соловьева, по следам Г.Л. Федосеева [18–22], на коных по золотым приискам, экологическая тропа «Охотничий путик» с сибирским зимовьем и орудиями лова. Элементы туристической сети выполняют эколого-просветительскую, туристско-информационную и познавательно-развлекательную функции. В результате главный визит-центр территории экотуризма – это многофункциональный комплекс, назначение которого туристическое информирование о территории, экологическое просвещение и познавательное развлечение посетителей в пределах главной темы.

Экокультурный информационный визит-центр расположен на стыке нескольких функциональных зон. Туристические маршруты начинаются в рекреационной зоне и зоне охраны культурно-исторических объектов, продолжаются в особо охраняемой зоне, зонах традиционного природопользования и познавательного туризма, то есть на участках территории ценных [24–27] в культурном, рекреационном, экологическом отношении. Для строительства эколого-просветительского учреждения требуется использование характерных элементов сибирского промыслового деревянного зодчества, реконструкции исторического поселка из экологически чистого местного материала – дерева.



Рис. 2. Нежилой п. Негота [28]

2. Этно-экологический просветительский информационный визит-центр планировочного центра в поселке Орье. Орье – поселок, входящий в ареал проживания местного русского населения. Здесь сохраняется оригинальный образ жизни местного населения, на основе которого возможно развитие таких видов экотуризма как фотоохота, рекреационная рыбная ловля, контролируемый сбор дикоросов [24–27], сельский туризм – проживание в гостевых домах местных жителей и путешествия в верховья Кана на лодках. Основные туристические маршруты визит-центра идут по планируемому природному парку Канское белогорье, включая сплавы по реке Кан и Кизир, ландшафтный и геотуризм. Подграф визит-центра, расположенного в поселке Орье, показывает, что поле его влияния охватывает рекреационную зону природного парка Канское Белогорье, который планируется для демонстрации

форм рельефа ледникового происхождения. Этому посвящена главная тема визит-центра в поселке Орье. Главная тема отражается в экспозициях визит-центра и эколого-просветительском маршруте «К Дикому Кану». Сопутствующая визит-центру туристическая инфраструктура – лодочная станция. Визит-центр выполняет туристско-информационную и эколого-просветительскую функции. Визит-центр расположен в охранной зоне планируемого парка Канское белогорье. Туристические маршруты визит-центра проложены в рекреационной зоне и зоне традиционного природопользования. Строительство визит-центра должно быть направлено на раскрытие эстетической ценности реки Кан и окружающего ее природного ландшафта, осуществляться по технологиям местных жителей, с сохранением традиционных материалов и конструкций.



Рис. 3. П. Орье [28]

3. Этно-экологический информационный визит-центр планировочного центра поселка

Верхняя Гутара. Верхняя Гутара – поселок, населенный тофаларами, ареал проживания которых

сосредоточен в области бассейнов рек Уда, Би-рюса, Кан, Гутара. Основной хозяйственной деятельностью тофов, при их кочевой жизни, до конца 20-х годов прошлого столетия были оленеводство и охота, рыболовство и собирательство. Занятия коренного населения основаны на использовании естественной биологической продуктивности ландшафтов тайги и горной тундры. Традиционные методы ведения хозяйства тофаларов не наносят урона природной среде. Сохранение культурно-экологического наследия и адаптация его к современным условиям жизни – один из путей преодоления экологического кризиса [18].

Основные туристические маршруты визит-центра – это этнографические туры (ознакомление с традиционным бытом тофаларов) и сплавы по рекам Казыр, Агул, Гутара. Подграф визит-центра, расположенного в поселке Верхняя Гутара, показывает, что поле его влияния включает территорию традиционного природопользования тофаларов и гидрологического памятника природы Гутарский водопад. Главная тема визит-центра – совокупность мира нетронутой природы и традиционного природопользования тофаларов; сопутствующая инфраструктура – этнографический музей, демонстрационный вольер – оленеводство, эколого-просветительская пло-

щадка – гидрологический памятник природы Гутарский водопад, этно-экологический маршрут «Тофалары» с посещением опытных маралятника и кабаржатника, природно-исторический экстремальный экспедиционный маршрут «По следам экспедиции Кошурникова», которая трагически закончилась в 1942-м году гибелью экспедиции за несколько км от пункта назначения. Функции визит-центра – этно-эколого-просветительская и туристско-информационная. Поле влияния визит-центра включает участки территории ценные в культурном и экологическом отношении. Строительство эколого-просветительского учреждения должно осуществляться по технологиям этнической архитектуры тофаларов с использованием местных экологически чистых материалов: дерево, береста, камень, шкуры оленей [24–27].

4. Эколого-просветительский информационный визит-пункт планировочного узла у озера Медвежье и Кинзелюкского водопада. Основные туристические маршруты, исходящие от визит-пункта: конные и пешие маршруты в долину реки Малый Агул, Орзогайским гольцам, сплав по Кизиру. Подграф визит-пункта показывает, что поле влияния эколого-просветительского визит-пункта составляет зона познавательного туризма и рекреационная зона.



Рис. 4. П. Верхняя Гутара [28]

Главная тема визит-пункта – эколого-просветительская информация об охраняемых объектах. В состав сопутствующей инфраструктуры входит обзорная эколого-просветительская площадка Кинзелюкский водопад и экологическая тропа к минеральным источникам долины. Здесь размещена информация о правилах посещения

охраняемых объектов, туристических маршрутах. В функции визит-пункта входит туристическое и экологическое информирование посетителей об охраняемых объектах природы. В результате расположения визит-пункта на территории, имеющей экологическую и эстетическую ценность, основными требованиями к технологии

строительства визит-пункта являются минимизация воздействия на ландшафт (сохранение почвенно-растительного слоя строительством на сваях), использование при строительстве местных экологически чистых материалов (дерево,

камень), энергетическая самодостаточность, раскрытие вида на ландшафтный памятник - Кинзельский водопад [24–27].



Рис. 5. Оз. Медвежье [28]



Рис. 6. Кинзельский водопад [28]

5. Эколого-просветительский информационный визит-пункт планировочного узла у озера Агульское. Основные туристические маршруты направлены на ознакомление с памятником природы ледником Кусургашева, посещение пика Грандиозный и сплавы по реке Казыр. Подграф визит-пункта показывает, что поле влияния эколого-просветительского визит-пункта составляет зона познавательного туризма, которая включает охраняемый природный комплекс озеро Агульское, ледник Кусургашева и рекреационные зоны. Главная тема визит-пункта – эколого-просветительская информация об охраняемых объектах. В состав сопутствующей инфраструктуры входит обзорная эколого-просветительская площадка ледник Кусургашева и экологическая тропа к

нему. Здесь размещена информация о правилах посещения охраняемых объектов, туристических маршрутах. В функции визит-пункта входит туристическое и экологическое информирование посетителей об охраняемых объектах природы. В результате расположения визит-пункта на территории, имеющей экологическую и эстетическую ценность, основными требованиями к технологии строительства визит-пункта являются минимизация воздействия на ландшафт (сохранение почвенно-растительного слоя путем строительства на сваях), использование при строительстве местных экологически чистых материалов (дерево, камень), использование возобновляемых источников энергии, интегрированность в окружающий ландшафт.



Рис. 7. Оз. Агульское [28]

6. Эколого-просветительский культурный визит-центр, расположенный в планировочном узле поселка Тугач. Подграф визит-центра, расположенного в поселке Тугач, показывает, что поле его влияния включает территорию поселка Тугач. Главная тема визит-центра – лагерное освоение Сибири. Сопутствующая инфраструктура – музей «сталинские лагеря», эколого-просветительская площадка – сплав леса. Функции

визит-центра – эколого- и культурно-просветительская.

Визит-центр расположен на исторической территории Тугачлага, ценной в культурном аспекте, поэтому предпочтительно его размещение в реконструируемых исторических объектах [24–27].



Рис. 8. П. Тугач [28]

Выводы. Моделирование системы эко-просветительских учреждений территории экотуризма направлено на максимальное воздействие на посетителей для формирования экологического сознания. Это достигается тем, что система экологического просвещения охватывает весь туристический поток.

Объектно-ориентированный подход в информационном моделировании территории экотуризма позволяет определить содержание и форму информационных объектов, наиболее эффективно воздействующих на посетителей для

формирования экологического сознания. Территория экотуризма рассматривается как социальное пространство. Сила влияния информационных объектов зависит от их позиции в социальном пространстве, которая определяется величиной их социального капитала.

Методологическим подходом в моделировании информационного содержания эколого-просветительского визит-центра является концепция социального поля П. Бурдьё, с позиции которой экологическое поле стремится максимально увеличить свое влияние. Институтом, оказывающим это влияние, является система просвещения.

В результате, автором предложена концептуальная модель системы экологического просвещения, суть которой состоит в том, что содержание главной темы визит-центра должно соответствовать его полю влияния.

Методологическим подходом в конструировании устойчивой формы информационного объекта стала акторно-сетевая теория, которая предполагает включение в этот процесс пространственных отношений. Эколого-просветительский визит-центр представлен как топологически множественный объект, форма которого зависит от функциональных зон, входящих в поле его локализации.

Информационная система экологического образования и просвещения интегрирована в туристический каркас территории, что позволяет ей охватить весь туристический поток. Целью системы экологического просвещения является максимальное воздействие на посетителей с целью формирования экологического сознания. Для этого с помощью топологического анализа схемы туристических маршрутов территории выявлена пространственная локализация полей влияния визит-центров, которая позволяет определить основные их характеристики: главная тема экспозиций, набор выполняемых функций, архитектурный стиль, технологии строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Agenda 21 for the Travel and Tourism Industry. URL: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284403714>
2. Глазычев В.Л. Социально-экологическая интерпретация городской среды. Наука, М., 1984. 180 с.
3. Генисаретский О.И. Экология культуры. Теоретические и проектные проблемы. М., 1991. 153 с.
4. Генисаретский О.И. Дизайн и культура. М., 1984. 141 с.
5. Раппапорт А.Г. Проблема пространства в проектировании системных объектов // Комплексное художественное конструирование и вопросы системного подхода в дизайне: Материалы Всесоюзной конференции «Художественное конструирование комплексных объектов в машиностроении и приборостроении». М., 1977.
6. Раппапорт А.Г. Предмет теории композиции в архитектуре. Архитектурная композиция: Современные проблемы. Стройиздат, М., 1970. С. 38–40.
7. Rapoport A. House Form and Culture. Prentice-Hall, 1969. 146 p.
8. Веденин Ю.А., Шульгин П.М. Новые подходы к сохранению и использованию культурного и природного наследия России. Организационно-управленческие и финансово-правовые аспекты культурной политики. Обзорная и служебная информация. Вып. 10. ГИВЦ. М., 1992.
9. Путрик Ю.С. Разработка и использование перспективных схем развития туризма. М.: ЦРИБ «Турист», 1988. 63 с.
10. Путрик Ю.С. Практическое руководство по организации сельского туризма. М.: Международная туристская академия, 2009. 112 с.
11. Путрик Ю.С. Использование объектов культурного и природного наследия народов России в целях патриотического и нравственного воспитания молодежи. ИПСИ. М., 2015. 214 с.
12. Каганский В.Л. Культурный ландшафт и советское обитаемое пространство. Новое литературное обозрение. М., 2001. 576 с.
13. Том Р. Структурная устойчивость и морфогенез. М.: Логос, 2002. 278 с.
14. Том Р. Математические модели морфогенеза. М.: Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. 136 с.
15. Law J., Hassard J., (eds) Actor Network Theory and After (Oxford and Keele: Blackwell and the Sociological Review). 1999. 264 p.
16. Бурдые П. Социология социального пространства. пер. с фр. М; Институт экспериментальной социологии. Алетея. Ист. кн., 2005 (ГУП Тип. Наука). 288 с.
17. Бурдые П. Социальное пространство: поля и практика. пер. с фр. М.: Институт экспериментальной социологии; СПб. АЛЕТЕЙЯ, 2005. 576 с.
18. Громов К.И. Саянский заповедник. Заповедники СССР. М., 1951.
19. Соловьев Д.К. Заповедники, их выделение, значение, организация и прочее // Саянский охот.-промысловый р-н и соболиный промысел в нем: отчет Саян. экспедиции Департамента земледелия. Петроград, 1920.
20. Соловьев Д.К. Саянский промыслово-охотничий район и соболиный промысел в нем // Труды экспедиции по изучению соболя и исследованию соболиного промысла, Петроград, 1921.
21. Соловьев Д.К. Типы организаций, способствующих охране природы. Петроград. Девятая государственная типография. Моховая, 40. 1918
22. Чипура С.В. Тофаларский заказник в системе ООПТ Алтае-Саянского региона (природная среда, формы хозяйственной деятельности, этно-ландшафтный туризм). Автореф. дис. канд. геогр. наук. 25.00.23. Барнаул. 2007.
23. Штильмарк Ф.Р. О судьбе Саянского заповедника // Охрана дикой природы. № 2. С. 43–

46. Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, 2001.

24. Астанин Д.М. Использование каркасного метода в планировании и функциональном зонировании территорий, благоприятных для организации экотуризма (на примере центральной части Восточного Саяна) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 3. С. 51–60.

25. Астанин Д.М. Использование характерных элементов оборонного и промыслового зодчества Сибири при строительстве туристических комплексов в Восточных Саянах // Новые информационные технологии в науке нового времени. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. 2017. С. 156–159.

26. Астанин Д.М. Планируемый главный визит-центр территории экотуризма центральной части Восточного Саяна // Современные концепции развития науки. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2017. С. 177–180.

27. Астанин Д.М. Реновация первого соболинского заповедника Российской империи в проектируемый Саянский биосферный резерват как иллюстрация возрождения природно-экономического потенциала российских регионов // ЦИТИСЭ. 2019. № 4 (21). С. 487–499.

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

Информация об авторах

Астанин Дмитрий Михайлович, доцент. E-mail: montenegro.astanin@mail.ru. Вологодский государственный университет. Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15.

Поступила 12.01.2021 г.

© Астанин Д.М., 2021

Astanin D.M.

Vologda State University

E-mail: montenegro.astanin@mail.ru

INFORMATION MODEL OF THE ECOTOURISM TERRITORY OF THE CENTRAL PART IN THE EASTERN SAYAN

Abstract. In information modeling, it is important to determine the content, direction and form of information flows. Information flows of environmental education are formed in the visitor center, distributed across the territory of ecotourism and are aimed at forming an ecological mentality among various groups of visitors to the territory of ecotourism. The information system of environmental education and enlightenment, which forms a responsible attitude of tourists to their natural environment, is integrated into the tourist framework of the territory. The decomposition of the network of tourist routes in the Central part of Eastern Sayan made it possible to determine the field of influence of information centers and to identify the main characteristics: the general theme of expositions, environmental routes, a set of functions and architectural style. The territory of ecotourism is considered as a social space. The power of influence of information objects depends on their position in the social space, which is determined by the size of their social capital. The methodological approach to modeling the information content of the ecological and educational visit center is the concept of the social field of P. Bourdieu, where the ecological field seeks to maximize its influence. The institution that exerts this influence is the educational system. As a result, the author proposed a conceptual model of the environmental education system, the essence of which is that the content of the main theme of the visit center should correspond to its field of influence.

Keywords: social space, cultural space, social capital, ecological value, cultural value, recreational value, P. Bourdieu's concept of the social field, actor-network theory, physical space of natural and natural-anthropogenic landscapes, network space of tourist routes, space of ecological and educational information flows.

REFERENCES

1. Agenda 21 for the Travel and Tourism Industry. URL: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284403714> (rus)

2. Glazychev V.L. Socio-ecological interpretation of the urban environment [Social'no-ekologicheskaya interpretaciya gorodskoj sredy] Science. M., 1984. 180 p. (rus)

3. Genisaretsky O.I. Ecology of culture [Ekologiya kul'tury] Theoretical and design problems. M., 1991. 153 p. (rus)
4. Genisaretsky O.I. Design and culture [Dizajn i kul'tura]. M., 1984. 141 p. (rus)
5. Rappaport A.G. The problem of space in the design of system objects [Problema prostranstva v proektirovanii sistemnykh ob"ektov]. Complex artistic design and issues of a Systematic Approach to Design: Materials of the All-Union Conference "Artistic Design of Complex Objects in Mechanical Engineering and Instrument Engineering". M., 1977. (rus)
6. Rappaport A.G. The subject of the theory of composition in architecture [Predmet teorii kompozicii v arhitekture]. Architectural composition: Modern problems. Stroyizdat. M., 1970. p. 38-40. (rus)
7. Rapoport A. House Form and Culture. Prentice-Hall, 1969. 146 p. (rus)
8. Vedenin Yu.A., Shul'gin P.M. New approaches to the preservation and use of the cultural and natural heritage of Russia [Novye podhody k sohraneniyu i ispol'zovaniyu kul'turnogo i prirodnogo naslediya Rossii]. Managerial and financial and legal aspects of cultural policy. General and service information. Vyp. 10. GIVC. M., 1992. (rus)
9. Putrik Yu.S. Development and application of advanced schemes for the development of tourism [Razrabotka i ispol'zovanie perspektivnykh skhem razvitiya turizma]. M.: CRIB «Turist», 1988. 63 p. (rus)
10. Putrik Yu.S. Practical guide to the organization of rural tourism [Prakticheskoe rukovodstvo po organizacii sel'skogo turizma]. International Tourist Academy M., 2009. 112 p. (rus)
11. Putrik Yu.S. The use of objects of cultural and natural heritage of the peoples of Russia for the purposes of patriotic and moral education of youth [Ispol'zovanie ob"ektov kul'turnogo i prirodnogo naslediya narodov Rossii v celyah patrioticheskogo i нравstvennogo vospitaniya molodyozhi]. IPSI. M., 2015. 214 p. (rus)
12. Kagansky V.L. Cultural landscape and Soviet habitable space [Kul'turnyj landschaft i sovetskoe obitaemoe prostranstvo]. New Literary Review. M., 2001. 576 p. (rus)
13. Tom R. Structural stability and morphogenesis [Strukturnaya ustojchivost' i morfogeneza]. M.: Logos. 2002. 278 p. (rus)
14. Tom R. Mathematical models of morphogenesis [Matematicheskie modeli morfogeneza]. M.: Izhevsk: SIC "Regular and chaotic dynamics". Institute of computer research. 2006. 136 p. (rus)
15. Law J., Hassard J., (eds) Actor Network Theory and After (Oxford and Keele: Blackwell and the Sociological Review). 1999. 264 p.
16. Burd'e P. Sociology of social space [Sociologiya social'nogo prostranstva] Institute of Experimental Sociology. Aletheia. Ist. kn., 2005 (GUP Tip. Nauka). 288 p. (rus)
17. Burd'e P. Social space: fields and practice [Social'noe prostranstvo: polya i praktika]. Institute of Experimental Sociology; St. Petersburg: AL-ETEYA, 2005. 576 p. (rus)
18. Gromov K.I. Sayan Nature Reserve [Sayanskij zapovednik]. Zapovedniki SSSR. M., 1951. (rus)
19. Solov'ev D.K. Nature reserves, their allocation, significance, organization, and so on.- commercial district and sable fishing in it: report of the Sayan. expeditions of the Department of Agriculture [Zapovedniki, ih vydelenie, znachenie, organizaciya i prochee. Sayanskij ohot.- promyslovyy r-n i sobolinyj promysel v nem: otchet Sayan. ekspedicii Departamenta zemledeliya]. Sayansky okhot.-commercial district and sable fishing in it: report of the Sayan. expeditions of the Department of Agriculture. - Petrograd, 1920. (rus)
20. Solov'ev D.K. Sayan fishing and hunting area and sable fishing in it [Sayanskij promyslovo-ohotnichij rajon i sobolinyj promysel v nem]. Proceedings of the expedition for the study of sable and the study of sable fishing, Petrograd, 1921. (rus)
21. Solov'ev D.K. Types of organizations that contribute to the protection of the nature [Tipy organizacij, sposobstvuyushchih ohrane prirody], Petrograd. The Ninth State printing house. Mokhovaya, 40. 1918. (rus)
22. Chipura S.V. Tofalarsky Reserve in the system of protected areas of the Altai-Sayan region (natural environment, forms of economic activity, ethno-landscape tourism) [Tofalarskij zakaznik v sisteme OOPT Altae-Sayanskogo regiona (prirodnaya sreda, formy hozyajstvennoj deyatel'nosti, etno-landshaftnyj turizm)]: Author's thesis of the Candidate of Geographical Sciences. 25.00.23. Barnaul. 2007. (rus)
23. Shtil'mark F.R. About the fate of the Sayan Reserve [O sud'be Sayanskogo zapovednika]. Institute of Problems of Ecology and Evolution A.N. Severtsov, 2001. Pp. 43-46. (rus)
24. Astanin D.M. Application of network method in the planning and functional zoning of territories favorable for the organization of ecotourism (case study of the central part of the Sayan mountains) [Ispol'zovanie karkasnogo metoda v planirovanii i funktsional'nom zonirovanii territorij, blagopriyatnyh dlya organizacii ekoturizma (na primere central'noj chasti Vostochnogo Sayana)] Bulletin of the Moscow University. Series 5: Geography. 2017. No. 3. Pp. 51-60. (rus)
25. Astanin D.M. The use of characteristic elements of defense and industrial architecture of Siberia in the construction of tourist complexes in the

Eastern Sayans [Ispol'zovanie harakternyh elementov oboronnoy i promyslovogo zodchestva Sibiri pri stroitel'stve turisticheskikh kompleksov v Vostochnykh Sayanah] New information technologies in the science of the new time. The collection of articles of International scientific-practical conference: in 2 parts. 2017. Pp. 156–159. (rus)

26. Astanin D.M. The planned main visit is the center of the ecotourism territory of the central part of Eastern Sayan [Planiruemyj glavnyj vizit-centr territorii ekoturizma central'noj chasti Vostochnogo Sayana] Modern concepts of science development. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. 2017. Pp. 177–180. (rus)

27. Astanin D.M. Renovation of the first Sable reserve Russian empire in the planned Sayan biosphere reserve as an illustration of the renaissance natural and economic potential Russian regions [Renovaciya pervogo sobolinogo zapovednika Rossijskoj imperii v proektiruemyj Sayanskij biosfernyj rezervat kak illyustraciya vrozozhdeniya prirodno-ekonomicheskogo potentsiala rossijskikh regionov]. CITISE. 2019. No. 4 (21). Pp. 487–499. (rus)

28. Astanin D.M. Territorial planning of a system of eco-tourism outreach educational organizations [Territorial'noe planirovanie sistemy eko-turisticheskikh prosvetitel'skikh uchrezhdenij] Arhitekton: izvestiya vuzov. 2016. No. 55. Pp. 3. (rus)

Information about the authors

Astanin, Dmitry M. Associate Professor. E-mail: montenegro.astanin@mail.ru. Vologda State University. Russia. 160000, Vologda, 15 Lenin street.

Received 12.01.2021

Для цитирования:

Астанин Д.М. Информационная модель территории экологического туризма центральной части Восточного Саяна // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 74–86. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-74-86

For citation:

Astanin D.M. information model of the ecotourism territory of the central part in the Eastern Sayan. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 74–86. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-74-86

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-87-96

Шуваева Е.Ю.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: e.u.shuvaeva@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДАЛЬНИХ УСАДЕБ ВЫСШЕЙ ЗНАТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМБУРГСКОГО УЕЗДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ГУБЕРНИИ

Аннотация. В статье, на примере Ямбургского уезда, рассмотрены характерные особенности дальних усадеб высшей знати, их общие и отличительные черты относительно рядовых дворянских усадеб и усадеб высшей знати, расположенных в ближних уездах. Объекты подобного типа в других регионах и за рубежом существовали в значительно меньшем количестве, что свидетельствует об их характерной принадлежности Санкт-Петербургской агломерации. Описана методология исследования, основанная на изучении архивных, библиографических, картографических источников и натурных обследований с последующей систематизацией полученных данных. Проанализированы ландшафтно-географические особенности размещения, плотность усадебного расселения, исторические и архитектурно-планировочные параметры комплексов. Выявлены средние показатели площади территорий имений, их особенности бытования, варианты функционального наполнения. В качестве конкретных примеров рассмотрены небольшие усадьбы Преображенская, Пустомержа и Березняки.

Актуальность исследования обусловлена проблемами стремительной утраты крупных усадебных комплексов, сложных в отношении приспособления к современному использованию ввиду обширной территории, большого количества построек разнообразного функционального предназначения и значительной удаленности от Санкт-Петербурга.

В результате исследования выявлены особенности дальних усадеб высшей знати, определяющие их уникальность и необходимые для дальнейшей работы над созданием предложений по их сохранению и приспособлению, для возможной интеграции в туристическую инфраструктуру.

Ключевые слова: усадьбы высшей знати, Ямбургский уезд, Санкт-Петербургская губерния, особенности формирования, усадьба Преображенская, усадьба Пустомержа, усадьба Березняки.

Введение. Постепенное формирование кольца загородных усадеб высшей знати началось в XVIII веке и продолжалось на протяжении 200 лет развития Санкт-Петербургской агломерации [1]. По разным данным к началу XX века насчитывалось более двух тысяч усадеб [2], в числе которых были как крупные императорские дворцовые комплексы, так и рядовые дворянские (городские, пригородные и сельские) имения. Многие из перечисленных объектов рассмотрены в научных трудах И.В. Барсовой [3], Т.Е. Исаченко [4] и С.Е. Гусевой [5]. Однако, масштабных исследований, посвященных особому типу исторической застройки «усадьбы высшей знати», проведено не было. Совместно с Е.А. Козыревой [6, 7] усадьбы данного типа выделены в отдельную категорию, обладающую своими уникальными функциональными, композиционными и пространственными характеристиками. По территориальному признаку их можно разделить на «ближние усадьбы высшей знати», располагавшиеся в пригородных уездах (Санкт-Петербургский, Шлиссельбургский, Царскосельский, Петергофский) и «дальние усадьбы высшей знати», формировавшиеся в границах дальних уездов Санкт-Петербургской губернии (Ямбургский, Гдовский, Лужский, Новолодожский), на территориях Выборгской губернии (вдоль исторических трактов Санкт-Петербург – Выборг и Санкт-

Петербург – Приозерск) и части Новгородской губернии (вдоль железной дороги Санкт-Петербург – Москва) [8].

Объектом исследования настоящей статьи являются усадебные комплексы высших государственных сановников, существовавшие на территории Ямбургского уезда к началу XX века. Всего было выявлено 148 дальних усадеб высшей знати, 83 из которых расположены в административных границах Санкт-Петербургской губернии, в том числе 26 – в рассматриваемом уезде [9] (рис. 1).

Исследование проводилось с целью выявления основных типологических особенностей и морфологических закономерностей формирования выделенного типа объектов – «дальние усадьбы высшей знати», необходимых для разработки следующего этапа – определения приоритетных направлений в вопросах сохранения и современного использования с учетом их уникальной специфики. В рамках статьи поставлены задачи выявления исследуемых объектов, систематизации информации, определения ареалов усадебного расселения, ландшафтно-географических особенностей размещения, архитектурно-планировочных и композиционных характеристик комплексов. Также в качестве примеров рассмотрены конкретные усадьбы, анализ которых подтверждает наличие выявленных параметров,

типологически относящих их к дальним усадьбам высшей знати.

Материалы и методы. На основе картографических материалов, библиографических и архивных источников были выявлены усадьбы, существовавшие на изучаемой территории, затем из них выделены объекты, принадлежавшие высшим слоям русского дворянства, имеющим ранг не ниже четвертого по табели о рангах. В резуль-

тате сформированы общие базы данных, содержащие исторические сведения и отражающие современное состояние территорий. Проанализированы архитектурно-планировочные составляющие усадебных комплексов, ландшафтно-географические особенности размещения. Сравнительный метод комплексной оценки изучаемых объектов позволил выявить их характерные черты.

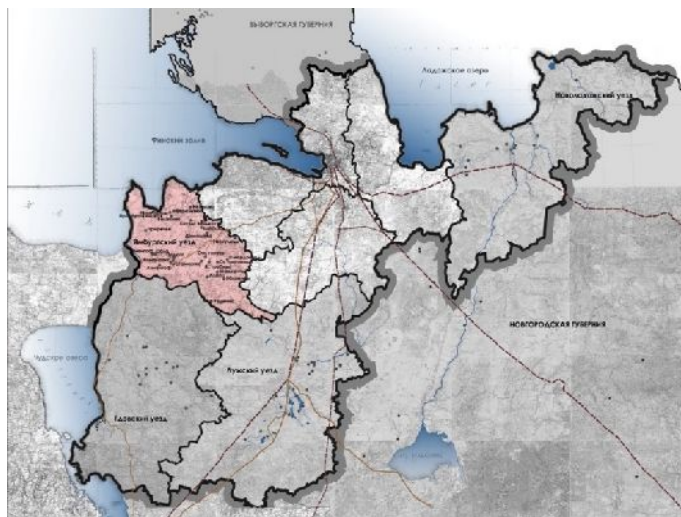


Рис. 1. Схема расположения дальних усадеб высшей знати с указанием Ямбургского уезда

Основная часть. Территория Ямбургского уезда включает в себя следующие ландшафтные районы: Нарвско-Лужский, Лужско-Оредежский, Нижне-Лужский и Ижорское плато (рис. 2). Т.Е. Исаченко в своей диссертации «Взаимосвязь природно-культурных комплексов дворянских усадеб и ландшафтов» относит их ко второй и третьей группам по показателям усадебности соответственно. Такие характерные особенности

Нарвско-Лужского и Лужско-Оредежского ландшафтных районов как однообразный равнинный рельеф и тенденция к заболачиванию обусловили преимущественное расположение усадебной застройки вдоль рек (Редкино), что объяснимо не только с эстетической точки зрения, но и с практической [4].



Рис. 2. Схема размещения дальних усадеб высшей знати на территории Ямбургского уезда с указанием границ ландшафтных районов

Нижне-Лужский ландшафтный район отличается неоднородностью, в северной его части расположены возвышенности, в северо-восточной – группа крупных озер. Наибольшее сосредоточение усадебной застройки находится вдоль реки Луги (Преображенское, Приречье, Мариенгоф, Сала, Падога, Романовка).

Самый высокий показатель усадебности – на Ижорском плато, половина всех исследуемых усадеб Ямбургского уезда расположены в его пределах. На большей части плато отсутствует гидрографическая сеть, практически нет озер. Плотность усадебной застройки объясняется в первую очередь плодородностью почв, удобным для ведения сельского хозяйства рельефом [10].

Таким образом, ландшафтно-географические особенности не только предопределяли плотность усадебного расселения внутри региона, но и оказывали существенное влияние на планировочную структуру комплексов. Большая часть усадеб рассматриваемого уезда (табл. 1) располагалась на Ижорском плато (38 %), и изначально не имела естественных водных объектов на территории. Данная особенность требовала

значительных преобразований рельефа, создания искусственной гидросистемы для устройства садово-парковой зоны. Незначительно меньшее количество усадеб высшей знати (35 %), располагавшихся на берегах небольших рек и ручьев (Нейма, Сума, Городенка, Вруда, Яблонька) отличались наличием искусственно преобразованной естественной гидросистемы, в парках присутствовали запруды, каскады, пруды-копани [11]. Река, как правило, являлась основой планировочного решения комплекса, в котором каждый элемент располагался на определенном высотном уровне (жилые постройки – на высоких террасах, культовые сооружения на возвышениях, служебно-хозяйственная зона – в отдалении, садово-парковая зона – на террасированных спусках), парадные аллеи и основные компоненты дорожно-тропиночной сети ориентировались вдоль русла [12]. Усадьбы на берегах крупных рек имели схожие черты, их основной ценностью являлись видовые панорамы, открытый обзор на водный объект, богатство форм рельефа, используемое в устройстве садово-парковой зоны [13].

Таблица 1

Классификация усадеб высшей знати Ямбургского уезда по географическим особенностям размещения

Усадьбы, расположенные у водных объектов			Усадьбы, расположенные на рельефе без естественных водных объектов
на берегу озера	на берегу крупной реки	на берегу небольшой реки/ручья	
	Мариенгоф	Домашово	Велькота
	Падога	Яблоньки	Кайболово
	Преображенская	Великина	Анненгоф
	Приречье	Лопец	Березняки
	Романовка	Нежново	Валговицы
	Сала	Онстопель	Остроговицы
	Александровская горка	Пустомержа	Раскулицы
		Редкино	Шадырицы
		Смердовицы	Ястребино
			Котлы

В диссертации С.Е. Гусевой «Садово-парковый комплекс сельских дворянских усадеб Санкт-Петербургской губернии (типологический аспект)» Ямбургский уезд отнесен к зоне средней освоенности по количеству усадеб, наряду со Шлиссельбургским уездом. Также отмечено, что рядовые дворянские имения на рассматриваемой территории имели самую обширную площадь [5]. Однако, усадьбы высшей знати, согласно проведенным исследованиям, уменьшались по мере удаления от Петербурга, так усадебные комплексы Гдовского и Новолодожского уездов имели среднюю площадь 8 га, Ямбургского уезда – 18 га, Лужского – 23 га.

Понятия «крупная», «средняя» и «малая» усадьбы отличаются в каждом конкретном уезде и складываются не только из размеров занимаемой территории, но и из количества строений, на ней расположенных. В Ямбургском уезде крупные усадьбы имеют площадь более 20 га и содержат 10 – 15 построек (Котлы, Раскулицы, Романовка, Остроговицы, Великина), средние усадьбы – от 10 до 20 га (Александровская Горка, Валговицы, Лопец, Мариенгоф, Сала), малые – до 10 га и количество построек не превышает 10 объектов (Преображенская, Пустомержа, Смердовицы). Большое количество строений, разнообразного функционального назначения, пре-

имущественно утилитарного, обусловлено необходимостью обеспечения комфортности длительного сезонного или круглогодичного проживания [14]. Объекты, отражающие статусность владельца, в изобилии присутствующие в ближних уездах [15], здесь, как правило, отсутствовали.

Планировочное решение имело многочастную структуру, состоящую из ядра (господский дом с двором), садово-парковой зоны, хозяйственной и служебной частей и прилегающей территории (лесные и охотничьи угодья, пашни) [10]. С середины XVIII века для повышения доходности имений в их составе стали появляться

промышленные зоны (заводы, фабрики) и арендные жилые постройки.

В отличие от ближних усадеб высшей знати, формировавших целые пояса вокруг столичного города [15], дальние усадьбы высшей знати концентрировались небольшими группами (кустами), состоящими из одного или двух центральных имений и нескольких более мелких, которые имели с основными композиционную и планировочную связь. В Ямбургском уезде можно выделить три «куста усадебной застройки»: северный (два центра – Великино и Котлы), юго-западный (центр – Мариенгоф) и юго-восточный (центр – Пустомержа) (рис. 3).

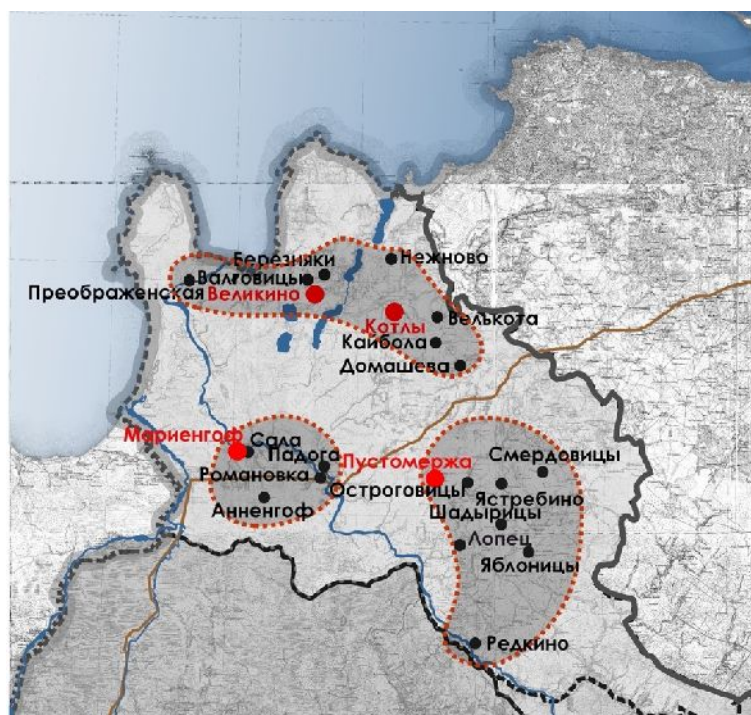


Рис. 3. Схема расположения «кустов» усадебной застройки на территории Ямбургского уезда

В качестве примера рассмотрим схожие по площади территории, но различные по ландшафтно-географическому расположению дальние усадьбы высшей знати: Преображенская на реке Луге, Пустомержа на реке Нейма и усадьба Березняки на рельефе без естественных водных источников (рис. 4).

Усадьба Преображенская находится на левом берегу Луги и занимает территорию площадью 8 га. С середины XIX века имение принадлежало семье Биппен, в комплексе с полумызком Коровино, расположенным на противоположной стороне реки. На карте 1855 года в усадьбе Преображенское отмечены хозяйственный и скотный дворы, зерносушилка и сарай [16]. Обе усадьбы развивались и благоустраивались параллельно, до 1896 года жилая часть с одноэтажным

господским домом и службами, пейзажным парком размещалась в Коровино, а в мызе Преображенской – хозяйственная зона (рис. 5).

В начале XX века был возведен новый каменный дом и службы на левом берегу реки на краю леса, перед ним устроен сквер. Барский дом сочетал в своем решении открытую кирпичную кладку и художественную отделку, пластика фасадов была сформирована выступающими ризалитами, проемами разных форм (клинчатыми, круглыми, прямоугольными, трехчастными), особую живописность придавали элементы декора из штукатурки на фоне красного кирпича (наличники, рустованные углы, ажурная резьба, свисающие полотенца, подкровельные конструкции) [18]. Таким образом, усадьба Преображенская, не имеющая к концу XIX – началу XX века хозяйственной зоны, использовалась только в качестве жилой дачи.

и круглый партер перед ним, служебно-хозяйственная зона с постройками занимает западную

часть. Река Нейма запружена в двух местах и образует неширокие разливы (рис. 6).

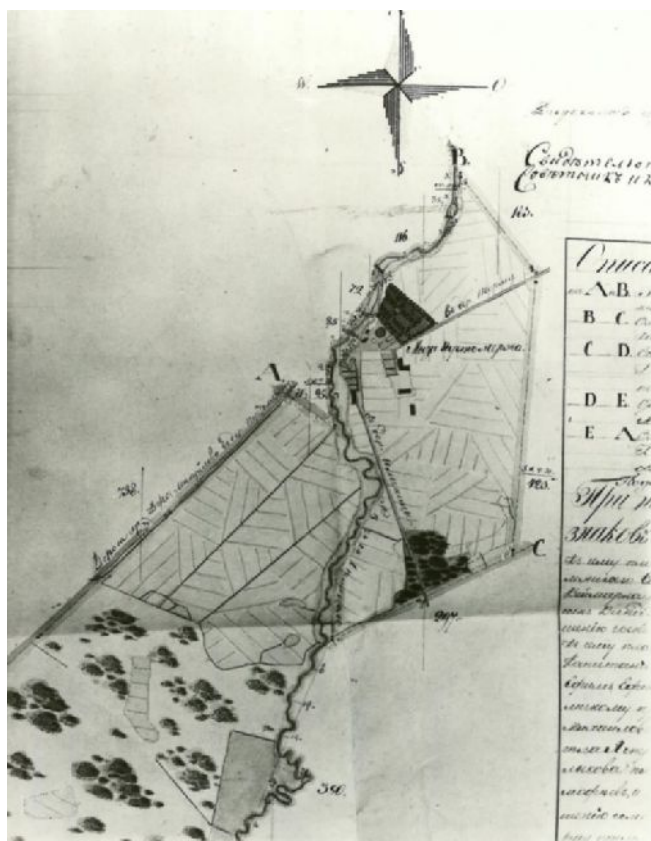


Рис. 6. Пустомержа А. Ф. Веймарна. 1830 г. [19]

К 1888 году площадь усадьбы увеличилась втрое за счет присоединения долины реки и прилегающей территории к регулярной садово-парковой зоне. В 1910 году в имении был устроен кирпичный завод, построены арендные дачи [18].

Усадьба Березняки площадью 9 га расположена на краю Ижорского плато, рядом с дорогой Котлы – Усть-Луга. Первые упоминания о деревне Березняки датируются 1747 годом, однако усадьба была устроена на этих землях только в 1819 году надворным советником Николаем Егоровичем Крузе. Согласно плану 1858 года участок находился у перекрестка дорог, в северной его части был построен господский дом и служебные постройки, к которым примыкала садово-парковая зона, в низине, у подножия склона – искусственно созданный пруд (рис. 7).

В 1888 году был увеличен фруктовый сад, в парке появились новые насаждения. Для повышения доходности имения новые владельцы построили мельницу, постоялый двор и питейный дом. Таким образом, площадь усадьбы увеличилась вдвое. Позднее, в 1903 году, в усадьбе был устроен лесопильный завод [18].

Выводы. В результате анализа 26 усадеб высшей знати, выявленных на территории Ям-

бургского уезда, определены характерные особенности, объединяющие их с аналогичными объектами других дальних уездов Санкт-Петербургской губернии (Лужским, Новолодожским, Гдовским) и пограничными территориями Выборгской и Новгородской губерний. Так, имения группировались «кустами» в определенной зоне усадебной застройки, в наиболее благоприятных в климатическом и логистическом отношении районах. Однако, только в Ямбургском уезде усадьбы высшей знати преимущественно располагались не по берегам крупных рек и озер, а на рельефе без естественных водных источников или у небольшой реки (ручья). Данная особенность предопределила особую планировочную структуру усадебных комплексов, средняя площадь которых варьировалась от 18 до 20 га. Разнообразие вспомогательных построек, преимущественно хозяйственного и служебного предназначения, обусловленное длительностью проживания, отличало изучаемые объекты от имений высшей знати ближнего пояса (Санкт-Петербургский, Петергофский, Шлиссельбургский, Царскосельский уезды Санкт-Петербургской губернии) и рядовых дворянских усадеб.



Рис. 7. Мыза Березняки. 1858 г.[20]

Таким образом, дальние усадьбы высшей знати, в том числе расположенные на территории Ямбургского уезда, обладали набором характерных исторических, композиционных, планировочных и ландшафтно-географических особенностей, определяющих их уникальную специфику. Формируя особый слой усадебной застройки на обширных пространствах удаленных от города уездов, они оказывали значительное влияние на развитие Санкт-Петербургской агломерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sementsov S.V., Akulova N.A. Foundation and development of the regular Saint Petersburg agglomeration in the 1703 – 1910-s // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2019. Vol. 324. Pp. 425–433.
2. Мурашова Н. В. Сто дворянских усадеб Санкт-Петербургской губернии : исторический справочник. СПб. : Изд-во Выбор, 2005. 399 с.
3. Барсова И. В. Усадебные парки Ленинградской области и принципы их использования : дис. ... канд. арх. Ленинград, 1971. 221 с.
4. Исаченко Т.Е. Взаимосвязь природно-культурных комплексов дворянских усадеб и ландшафтов : дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2003. 136 с.
5. Гусева С.Е. Садово-парковый комплекс сельских дворянских усадеб Санкт-Петербургской губернии (типологический аспект) : дис. ... канд. арх. СПб., 2008. 172 с.
6. Козырева Е.А. Проблема приспособления и сохранения ближних усадеб высшей знати, на примере «дачи Кушелевых-Безбородко» // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2019. № 12. С. 56–64.
7. 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 «Globalscience. Development and novelty»*. Мадрид. 2018. №7. С. 47–66.
8. Sementsov S.V., Kozyreva E.A., Shuvaeva E.Yu. Estates of the highest nobility of the St. Petersburg province as a special spatial structure of the historical St. Petersburg agglomeration // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. № 775. 012073.
9. Shuvaeva E.Yu. Developmental peculiarities of nobles' estates on the territories of distant

uyezds in St. Petersburg province // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2019): Web of Conferences. 2020. Vol. 164. 04029.

10. Исаченко Т.Е. Природно-культурные комплексы старинных усадеб в ландшафтах Санкт-Петербургского региона // Известия русского географического общества. 2003. № 135 (2). С. 1–14.

11. Топорина В.А., Голубева Е.И. Русская провинциальная дворянская усадьба как природное и культурное наследие. М.: КРАСАНД, 2015. 256 с.

12. Гусева С.Е. Аллеи в усадьбах Санкт-Петербургской губернии // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 7. С. 49–50.

13. Топорина В.А. Усадебно-парковые комплексы Центральной России XVIII–XIX вв. в культурном ландшафте : дис. ... канд. геогр. наук. М., 2011. 238 с.

14. Roosevelt Pr. Life on the Russian Country Estate: a Social and Cultural History. Yale University Press. London, 1995. 384 p.

15. 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.

16. Мурашова (Глинка) Н.В., Мыслина Л.П. Дворянские усадьбы Санкт-Петербургской губернии. Волосовский район. СПб. : Изд-во «Аврора», 2020. 624 с.

17. РГАДА. ф. 1354, оп. 362/1, д. К-45 кр.

18. Мурашова Н. В., Мыслина Л. П. Дворянские усадьбы Санкт-Петербургской губернии. Кингисеппский район. СПб.: Информационный центр «Выбор», 2003. 280 с.

19. ЦГИА СПб. ф. 262, оп. 16, д. 164.

20. ЦГИА СПб. ф. 262, оп. 16, д. 7.

Информация об авторах

Шуваева Евгения Юрьевна, аспирант, ассистент 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 03.02.2021 г.

© Шуваева Е.Ю., 2021

Shuvaeva E. Yu.

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: e.u.shuvaeva@mail.ru

SPECIFIC FEATURES OF ORGANIZATION DISTANT COUNTRY ESTATES OF HIGH SOCIETY ON THE TERRITORY OF YAMBURGSKY UYEZD IN SAINT PETERSBURG DISTRICT

Abstract. *In this article, specific features of high society distant country estates are studied on the example of Yamburgsky Uyezd, including their common and distinct characteristics regarding usual nobleman's and high society's country estates, located in nearest territories. Objects of this type in other regions and abroad existed in much smaller numbers, which indicates their characteristic belonging to the St. Petersburg agglomeration. It describes methodology of research, which is based on studying of archives, bibliographical, cartographic resources and natural survey with following systematization of results. It shows analysis of landscape and geographical specificity allocation, density of country dispersion, historical and architectural planning parameters of complexes. Average indicators of areas of personal estates, their way of life and variants of functional stuffing are revealed. For the particular example, the following country estates are studied – Preobrazhenskaya, Pustomerzha and Bereznyaki.*

Actuality of this article is stipulated by the problems of rapid losing large complexes of country estates, difficulties of adaptation for using in present reality due to extended territory, huge amount of buildings for variable functionality and the significant distance from Saint Petersburg. As a result of the study, the features of distant estates of the highest nobility are identified, which determine their uniqueness and are necessary for further work on creating proposals for their preservation and adaptation, for possible integration into the tourist infrastructure.

Keywords: *country estates of high society, Yamburgskiy uyezd, Saint Petersburg province, specific of formation, Preobrazhenskaya country estate, Pustomerzha country estate, Bereznyaki country estate.*

REFERENCES

1. Sementsov S.V., Akulova N.A. Foundation and development of the regular Saint Petersburg agglomeration in the 1703 – 1910-s. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2019. Vol. 324. Pp. 425 – 433.
2. Murashova N.V. One hundred of manorial estates in Saint-Petersburg: historical reference book [Sto dvoryanskih usadeb Sankt-Peterburgskoy gubernii: istoricheskij spravochnik]. SPb: Vybor, 2005. 399 p. (rus)
3. 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)
4. Isachenko T.E. The relationship between natural and cultural complexes of noble estates and landscapes: dissertation of Candidate of geogr. sciences. [Vzaimosvyaz' prirodno-kul'turnykh kompleksov dvoryanskih usadeb I landshaftov]. SPb., 2003. 136 p. (rus)
5. Guseva S.E. The landscape complex of manorial estates in Saint-Petersburg province (typological aspect): dissertation of Candidate of architecture. [Sadovo-parkovyj kompleks sel'skih dvoryanskih usadeb Sankt-Peterburgskoy gubernii (tipologicheskij aspekt): dissertaciya kandidata arhitektury]. SPb: SPbGASU, 2008. 172 p. (rus)
6. Kozyreva E.A. Issues of adaptation and preservation of neighboring estates of the highest nobility on the example of the Kushelev-Bezborodko mansion [Problema prispособleniya I sohraneniya blizhnih usadeb vysshey znati na primere dachi Kushelevykh-Bezborodko]. *Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov (scientific and theoretical journal)*. 2019. No. 12. Pp. 56–64. (rus)
7. 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.
8. Sementsov S.V., Kozyreva E.A., Shuvaeva E.Yu. Estates of the highest nobility of the St. Petersburg province as a special spatial structure of the historical St. Petersburg agglomeration. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 775. 012073.
9. Shuvaeva E.Yu. Developmental peculiarities of nobles' estates on the territories of distant uyezds in St. Petersburg province. *Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering (TPACEE-2019): Web of Conferences*. 2020. Vol. 164. 04029.
10. Isachenko T.E. Natural and cultural complexes of old estates in the landscapes of the St. Petersburg region [Prirodno-kul'turnyye komplekсы starinnykh usadeb v landshaftakh Sankt-Peterburgskogo regiona]. *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2003. No. 135 (2). Pp. 1 – 14. (rus)
11. Toporina V.A., Golubeva E.I. Russian provincial noble estate as a natural and cultural heritage [Russkaya provincial'naya dvoryanskaya usad'ba kak prirodnoe I kul'turnoe nasledie]. M.: Krasand. 2015. 256 p.
12. Guseva S.E. Alleys in the estates of the Saint-Petersburg province [Alley v usad'bah Sankt-Peterburgskoy gubernii]. *Promyshlennoe I grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2007. No. 7. Pp. 49 – 50. (rus)
13. Toporina V.A. Manor and park complexes of Central Russia in the XVIII – XIX centuries in the cultural landscape: dissertation of Candidate of geogr. sciences. [Usadebno-parkovyye komplekсы Tsentral'noy Rossii XVIII – XIX vv. v kul'turnom landshafte : dissertaciya kandidata geograficheskikh nauk]. M., 2011. 238 p. (rus)
14. Roosevelt Pr. *Life on the Russian Country Estate: a Social and Cultural History*. Yale University Press. London, 1995. 384 p.
15. 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 (Journal of Construction and Architecture)*. 2019. No. 2. Pp. 47 – 66. (rus)
16. Murashova (Glinka) N.V., Myslina L.P. Manorial estates in Saint-Petersburg district. Volosovsky district [Dvoryanskie usad'by. Volosovskiy rayon]. SPb.: Avror. 2020, 624 p. (rus)
17. Russian State Archive of Ancient Acts. f. 1354, op. 362/1, d. K-45 kr. (rus)
18. Murashova N.V., Myslina L.P. Manorial estates in Saint-Petersburg district. Kingisepp district [Dvoryanskie usad'by. Kingiseppskiy rayon]. SPb.: Vybor. 2003, 280 p. (rus)
19. Central State Historical Archive of St. Petersburg. f. 262, op. 16, d. 164. (rus)
20. Central State Historical Archive of St. Petersburg. f. 262, op. 16, d. 7. (rus)

Information about the authors

Shuvaeva, Evgenia Yu. Postgraduate student, assistant. 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 03.02.2021

Для цитирования:

Шуваева Е.Ю. Особенности формирования дальних усадеб высшей знати на территории Ямбургского уезда Санкт-Петербургской губернии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 87–96. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-87-96

For citation:

Shuvaeva E.Yu. Specific features of organization distant country estates of high society on the territory of Yamburgsky uyezd in Saint Petersburg district. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 87–96. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-87-96

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-97-106

¹Бессмертный В.С., ^{1,*}Бондаренко М.А., ¹Пучка О.В., ¹Черкасов А.В., ¹Изотова И.А.,
¹Брагина В.С., ²Платов Ю.Т., ³Брагина Л.Л.

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

²Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

³Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

*E-mail: bond.marinka@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГИДРАТАЦИИ КОЛЕМАНИТА В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Исследованы закономерности дегидратации колеманита в неизотермических условиях. Установлено, что колеманит, поставляемый в РФ из Турции, имеет в своем составе кальцит. С использованием рентгенофлуоресцентного метода анализа установлен химический состав колеманита. Показано, что процессы дегидратации колеманита в неизотермических условиях при скорости нагрева 10 °С/мин сопровождаются двумя эндотермическими эффектами при 660,7 К и 675,7 К с общей потерей массы 17,3 %. Так же исследована скорость потери массы колеманита от температуры при нагреве до 773 К, при которой колеманит дегидратирует и переходит в аморфную фазу. Установлены закономерности изменения скорости дегидратации колеманита. Показано, что максимальные значения скорости дегидратации колеманита наблюдаются в интервале температур 653–678 К. Определена энергия активации дегидратации колеманита, равная 86000 Дж/моль. На основе экспериментально полученных данных рассчитана константа скорости процесса дегидратации колеманита. Процесс дегидратации колеманита удовлетворительно описывается формальным уравнением кинетики. Большая часть кинетической кривой удовлетворительно описывается полученным кинетическим уравнением. Предложено механизм дегидратации колеманита описывать двухстадийным процессом, сопровождающимся на первом этапе удалением кристаллизационной воды, а на втором этапе – удалением гидроксильных групп.

Ключевые слова: колеманит, дегидратация, неизотермические условия, энергия активации, эндотермические эффекты, кинетическое уравнение.

Введение. В настоящее время колеманит находит всё большее применение в технологии стеклокристаллических композиционных материалов [1–3].

Колеманит относится к кальциевым боратам, моноклинной сингонии и представлен химической формулой $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Данный минерал является источником оксида бора.

В силикатной промышленности оксид бора является необходимым компонентом для таких видов стекол, как медицинское, термически и химически устойчивые стекловолокна марок D, C и E, в составе глазурей и эмалей, а также стеклотипа пирекс [4].

Установлена эффективность применения колеманита в производстве базальтового стекловолокна [5, 6]. Малощелочное борсодержащее стекло, полученное с использованием колеманита, может быть использовано в производстве декоративно-художественных стекол, стекломрамора, марблита и глушённых стекол [7].

Колеманит используется для получения бетонов специального назначения, однако, многочисленными исследованиями установлено, что колеманит снижает прочность бетона при сжатии и сроки схватывания цемента [8–11].

Важным аспектом практического использования колеманита в стекольных шихтах и стеклокерамических композициях является изучение процессов дегидратации. Одним из наиболее информативных современных методик исследований процессов дегидратации является термогравиметрический [12, 13].

Исследованию фазовых превращений колеманита в неизотермических условиях посвящен ряд работ [14–17].

В работе [18] был исследован колеманит состава (масс. %): B_2O_3 – 50,8; CaO – 27,2; SiO_2 – 0,03; H_2O – 21,8. Твердость колеманита по шкале Мооса составила – 4,5, а плотность – 2,423 г/см³ [19]. Образец был добыт в Турции и был исследован в университете г. Падуя (Италия) [20].

В цитируемых работах условия проведения исследований, в частности скорость нагрева была различна. Полученные значения начала и конца дегидратации колеманита несколько отличаются. Следует также отметить различные значения двух эндотермических эффектов.

Авторы [18] отмечали два эндотермических пика дегидратации колеманита при 645 К и 661 К, полученных при скорости нагрева 2 °С/мин. В работе [15] авторы отмечали наличие

двух эндотермических эффектов при 642 К и 659 К.

В районе 673 К два эндотермических эффекта заканчивались с полной аморфизацией колеманита, а при 1073 К – наблюдались процессы кристаллизации с двумя экзотермическими эффектами [14]. Однако, в работе [16] показано, что процесс дегидратации колеманита проходит за одну стадию при 673,8 К. При исследовании товарного колеманита с небольшими примесями кварца и кальцита было установлено, что процесс дегидратации характеризуется двумя эндотермическими эффектами при 657 К и 672 К. При температуре 1027 К наблюдается кристаллизация соединений CaB_2O_4 и $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5$ [17].

Разноречивые сведения требуют проведения дальнейших исследований в области изучения процессов дегидратации колеманита в неизотермических условиях. Следует также отметить, до настоящего времени не были определены кинетические параметры данного процесса.

Методология. Объектом исследований был выбран колеманит молотый компании «ETIMADEN I.G.M.» турецкой компании на территории РФ ООО «ЭТИПРОДАКТС».

Химический состав колеманита проводили рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре APL 9900 «Thermo scientific» (Швейцария).

Дифференциально-термогравиметрический анализ колеманита проводили на термоанализаторе SETARAM TGA 92-24. Нагрев до 1273 К проводили со скоростью 10 °С/мин в инертной атмосфере с протоком высокочистого аргона ОХЧ с расходом 5л/ч. Начальная масса навески составляла 200 мг.

Энергию активации рассчитывали по данным, полученным по термогравиметрической кривой (ТГ) [21].

Фазовый состав продуктов дегидратации колеманита при различных температурах термообработки определяли методом РФА с использованием дифрактометра ARL XTRA (Швейцария).

Основная часть. На первом этапе был исследован химический состав колеманита (масс. %): B_2O_3 – 40,1; CaO – 27,5; SiO_2 – 5,2; MgO – 2,8; Fe_2O_3 – 0,06; П.П.П. – 24,34.

Результаты исследований процесса дегидратации колеманита в неизотермических исследованиях представлены на термограмме, где отображен ход кривой потери массы в зависимости от температуры (ТГ – кривая) и ДТГ – кривая (рисунок 1).

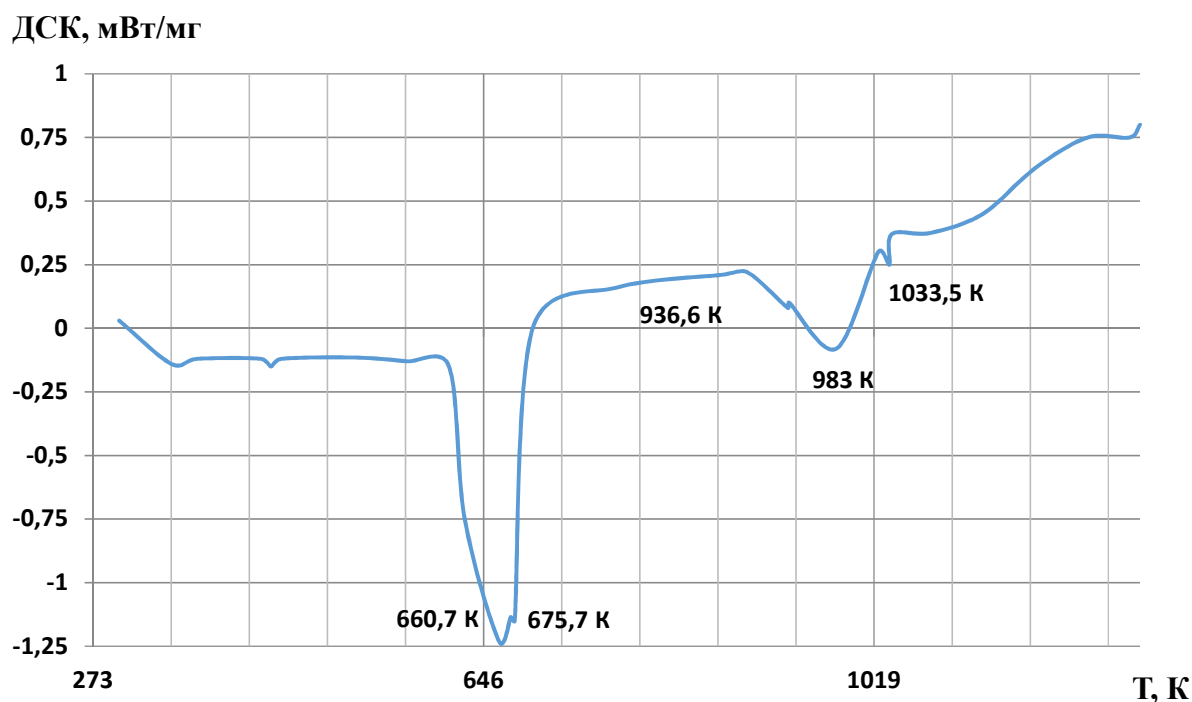


Рис. 1. Термический анализ колеманита: дифференциальная сканирующая калориметрия, ДСК

Анализ полученной термограммы процесса дегидратации колеманита позволил выявить следующие закономерности: кривая ДТГ характеризуется двумя эндотермическими эффектами и тремя эндотермическими эффектами. Рассмотрим каждый пик.

Эндотермическая впадина с минимумами при 660,7 К и 675,7 К связана с удалением физически связанной воды.

В справочном издании [22] колеманит представлен формулой $\text{CaB}_2\text{BO}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, из кото-

рой следует, что в его составе имеется кристаллизационная вода и гидроксильные группы. В этой связи можно предположить что первый эндоэффект связан с удалением молекул воды из структуры колеманита, а второй эндотермический эффект – с удалением гидроксильных групп и аморфизацией колеманита.

По мнению ряда авторов [14-17] процесс дегидратации колеманита заканчивается при 773 К. В связи с этим для определения энергии активации при анализе кривой ТГ потеря массы при 773 К была принята за 100 % (табл. 1). Данные для расчета энергии активации и построения графика зависимости в координатах $1/T \cdot 10^{-3} - (\lg m - 2 \lg T)$ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Кинетика дегидратации колеманита

T, К	Потеря массы, %	Потеря H ₂ O в пересчете на 100 %	lg m	2 lg T	lg m – 2 lg T
513	1,25	7,23	0,8591	5,4202	-4,5611
523	1,35	7,80	0,8921	5,4370	-4,5449
548	1,55	8,96	0,9523	5,4774	-4,5251
573	1,75	10,12	1,0052	5,5162	-4,5110
598	2,15	12,42	1,0941	5,5534	-4,4593
623	2,80	16,18	1,2090	5,5888	-4,3798
648	3,45	19,94	1,2997	5,6232	-4,3235
660,9	3,9	22,54	1,3530	5,6402	-4,2872
673	6,0	34,68	1,5401	5,6560	-4,1159
674,9	7,25	41,91	1,6223	5,6584	-4,0361
698	13,15	76,01	1,8809	5,6876	-3,8067
723	15,0	86,71	1,9381	5,7182	-3,7801
748	16,25	93,64	1,9781	5,7447	-3,7666
773	17,3	100	2,000	5,7762	-3,7762

График для определения энергии активации представлен на рис. 2. По полученным данным

энергия активации процесса дегидратации колеманита в интервале температур 293–773 К составляет 86 кДж/моль.

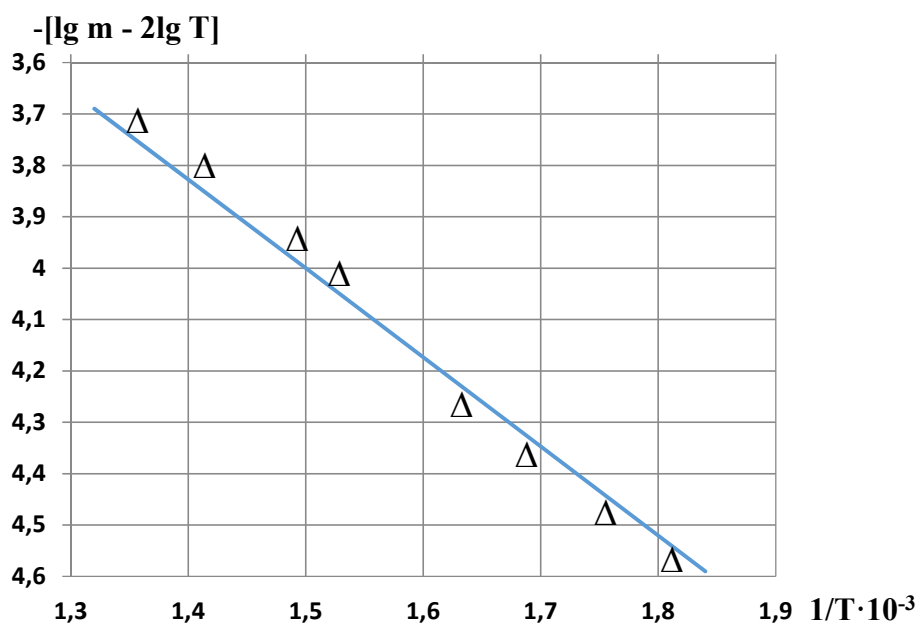


Рис. 2. График для определения энергии активации

Для более детальной идентификации эндотермических эффектов рассчитаны мгновенные

значения скорости дегидратации колеманита в интервале температур 513–773 К (табл. 2).

Таблица 2

Параметры зависимости скорости дегидратации колеманита от температуры

T	τ	$\Delta\tau$, мин	m	Δm	$\frac{dm}{d\tau}; \left(\frac{da}{d\tau}\right)$
513	51,3		0,0793		
523	52,3	1,0	0,0780	0,0057	0,0057
548	54,8	2,5	0,0896	0,0116	0,00464
573	57,3	2,5	0,1012	0,0116	0,00464
598	59,8	2,5	0,1242	0,0230	0,0092
623	62,3	2,5	0,1618	0,0376	0,01504
648	64,8	2,5	0,1994	0,0376	0,01504
660,9	66,09	1,29	0,2254	0,026	0,02015
673	67,3	1,21	0,3468	0,1214	0,10033
674,9	67,49	0,49	0,4191	0,0723	0,14755
698	69,8	2,31	0,7601	0,3407	0,14748
723	72,3	2,5	0,8671	0,1070	0,0428
748	74,8	2,5	0,9364	0,0693	0,02772
773	77,3	2,5	1,00	0,0636	0,025714

График зависимости скорости дегидратации колеманита от температуры показывает, что максимальная скорость дегидратации наблюдается в интервале температур 653–678 К (рис. 3).

Анализируя дифференциально-сканирующую кривую дегидратации колеманита можно сделать вывод, что два эндотермических эффекта

660,9 К и 675,7 К расположены близко относительно друг друга и накладываются друг на друга.

Аналогичные особенности расположения эндотермических эффектов дифференциально-сканирующей кривой при скорости нагрева 10 °С/мин наблюдаются при дегидратации $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} (\text{CAN}_{10})$ в глиноземистом цементе [23].

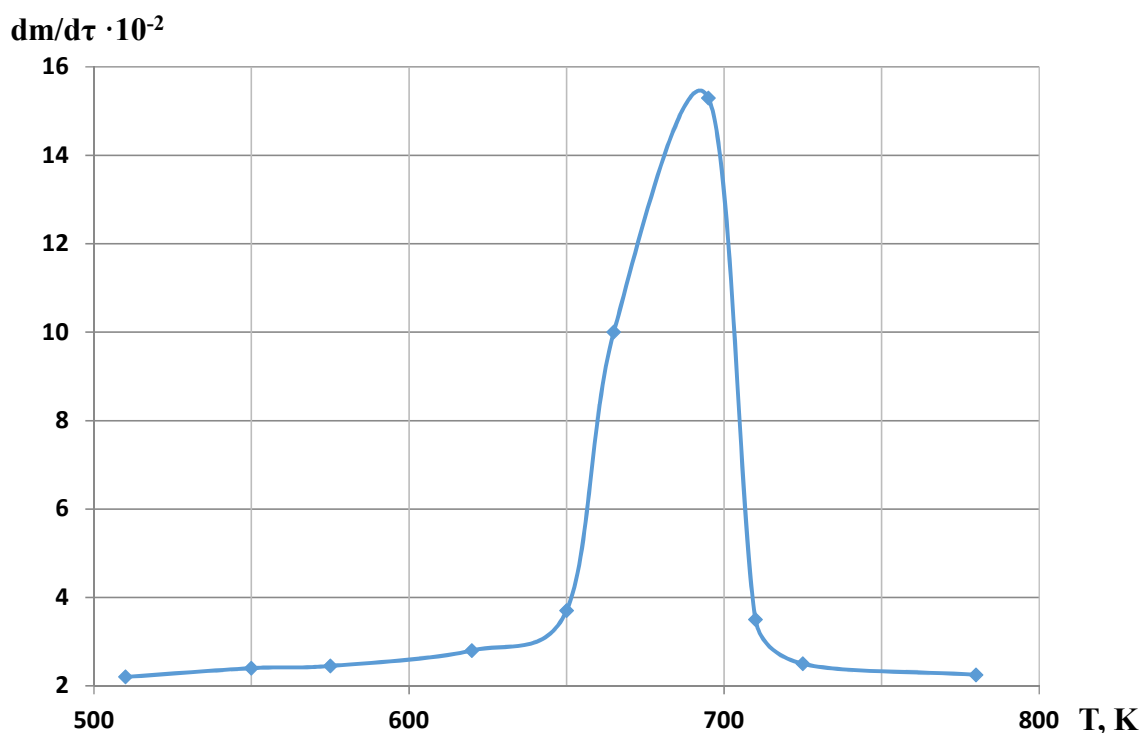


Рис. 3. Скорость процесса дегидратации колеманита

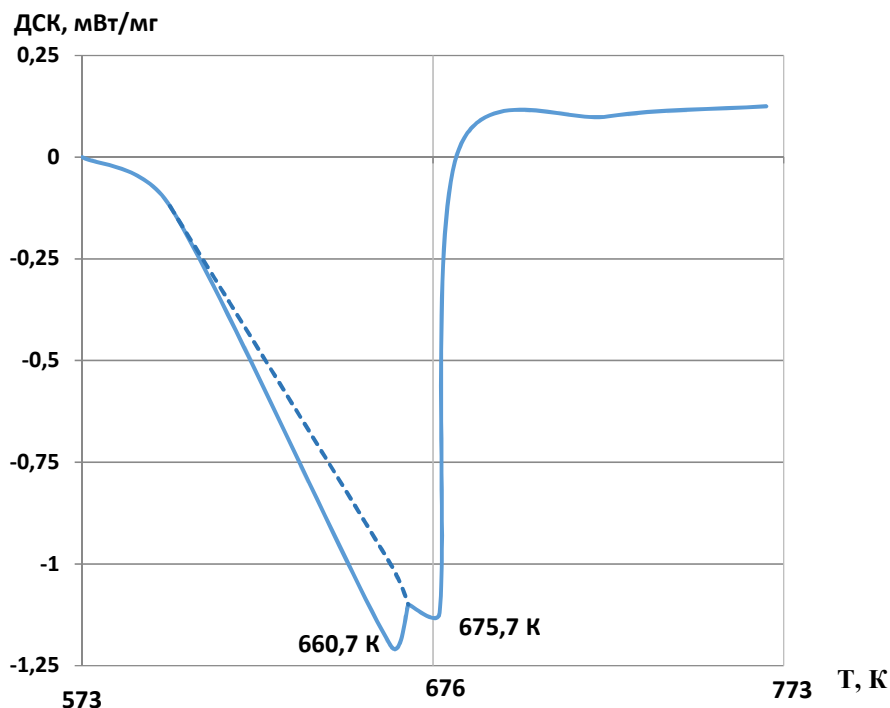


Рис. 4. Дифференциально-сканирующая кривая дегидратации колеманита

Рамачандран объясняют такое расположение эндотермических эффектов двухступенчатым процессом дегидратации САН_{10} [24].

В нашем случае в составе колеманита имеются молекулы воды и гидроксильные группы, которые имеют разные энергии связи.

По мнению Паоло Лотти на первом этапе процесса дегидратации колеманита удаляются молекулы воды, а затем гидроксильные группы [18]. Это косвенно подтверждается различными значениями потери массы в интервале температур 513–648 К и 648–773 К [18].

В связи с вышеизложенным нами предлагается интерпретировать наличие двух эндотермических эффектов двухступенчатым процессом дегидратации колеманита. На рисунке 4 второй эндотермический эффект при 674,9 К, который

поглощается первым эндотермическим эффектом, обозначен пунктиром.

Процесс дегидратации колеманита может быть описан кинетическим уравнением:

$$\frac{d\alpha}{dt} = K_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot (1 - \alpha)^n \quad (1)$$

где $\frac{d\alpha}{dt}$ – скорость процесса дегидратации колеманита; K_0 – предэкспоненциальный множитель, мин^{-1} ; E – энергия активации, кДж/моль ; R – универсальная газовая постоянная, равная $8,314 \text{ кДж/моль} \cdot \text{К}$; T – температура, К ; α – степень превращения вещества (потеря массы).

К кинетическому уравнению K_0 характеризует количество элементарных актов в единицу времени. Данный параметр определяется по графику в логарифмических координатах (рисунок 5).

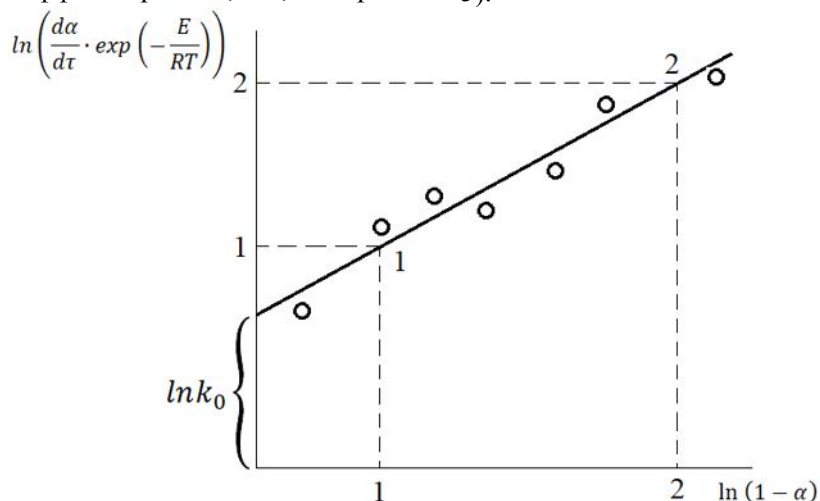


Рис. 5. График проверки адекватности модели дегидратации

Обычно большую часть кинетической кривой удовлетворительно описывает формальное уравнение кинетики [25]. В связи с этим для определения K_0 нами выбрано формальное уравнение кинетики $(1 - \alpha)^n$.

По экспериментальным полученным зависимостям было определено значение предэкспоненциального множителя K_0 , равное $2,36 \cdot 10^3$.

Для нахождения n в формальном уравнении кинетики решали систему уравнений:

$$\begin{cases} \ln \left[\frac{d\alpha_1}{d\tau_1} \cdot e^{\left(-\frac{E}{RT}\right)} \right] = \ln K_0 \pm n \cdot \ln(1 - \alpha_1) \\ \ln \left[\frac{d\alpha_2}{d\tau_2} \cdot e^{\left(-\frac{E}{RT}\right)} \right] = \ln K_0 \pm n \cdot \ln(1 - \alpha_2) \end{cases} \quad (2)$$

Проведенные расчеты позволили определить $n = 1,25$ в формальном уравнении кинетики $(1 - \alpha)^n$.

Процесс дегидратации колеманита удовлетворительно описывается кинетическим уравнением:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = 2,36 \cdot 10^3 \cdot \exp\left(-\frac{86000}{RT}\right) \cdot (1 - \alpha)^{1,25} \quad (3)$$

Разделяя переменные и интегрируя данное выражение, получаем:

$$k\tau = -\frac{(1-\alpha)^n}{1-n} \approx -\frac{(1-\alpha)^{1,25}}{1-1,25} = 0,25^{-1} \cdot (1 - \alpha)^{1,25} \quad (4)$$

где $k = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$.

Процесс двухступенчатой дегидратации колеманита удовлетворительно описывается полученным кинетическим уравнением в интервале температур 513–773 К.

Заключение. Исследован процесс дегидратации колеманита в неизотермических условиях в интервале температур 513–773 К при скорости нагрева 10 °С/мин. На основе экспериментальных данных определена энергия активации процесса дегидратации колеманита, равная 86000 Дж/моль.

Предложен двухступенчатый механизм дегидратации колеманита, характеризующий на первом этапе потерю кристаллизационной воды, а на втором этапе – гидроксильных групп. Этим может быть объяснено наличие близко расположенных друг к другу два эндотермических эффекта при 660,9 К и 675,7 К.

С использованием формального уравнения кинетики удовлетворительно описан двухступенчатый процесс дегидратации колеманита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жерновая Н.Ф., Дороганов Е.А., Бессмертный В.С., Дорохова Е.С., Жерновой Ф.Е. Стеклокерамический композит с мультифункциональной колеманитной добавкой // Перспективные материалы, 2016. №5. С. 51–58.
2. Жерновая Н.Ф., Бессмертный В.С., Жерновой Ф.Е., Дорохова Е.С., Изотова И.А. Безусадочный облицовочный материал на основе стеклобоя и колеманита // Стекло и керамика. 2016. №3. С. 34–37.
3. Дорохова Е.С., Жерновая Н.Ф., Бессмертный В.С., Жерновой Ф.Е., Тарасова Е.Е. Управление структурой пористого стеклокерамического материала // Стекло и керамика. 2017. №3. С. 28–31.
4. Гуляян Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий. // Владимир: Транзит-ИКС, 2015. 710 с.
5. Павлюкевич Ю.Г., Левицкий И.А., Мазура Н.В. Использование колеманита в производстве стеклянного волокна // Стекло и керамика, 2009. №10. С. 9–13.
6. Павлюкевич Ю.Г., Папко Л.Ф., Хлыстов С.П., Солджунер Е.А. Влияние борсодержащих компонентов на технологические свойства базальтовых расплавов и стекол // Стекло и керамика. 2018. №11. С. 7–12.
7. Кондрашов В.И. Вариативное производство декоративного и функционального флоат-стекла // Glass Russia. 2014. №8. С. 22–24.
8. Yadollahi A., Nazemi E., Zolfaghari A., Ajorloo A.M., Optimization of thermal neutron shield concrete mixture using artificial neural network // Nucl. Eng. Des. 2016. № 305. Pp. 146–155.
9. Demir F., Budak G., Sahin R., Karabulut A., Oltulu M., Serifoglu K., Un A. Radiation transmission of heavyweight and normal-weight concretes containing colemanite for 6 MV and 18 MV X-rays using linear accelerator // Ann. Nucl. Energy. 2010. №37. Pp. 339–344.
10. Erdogmus E., Erdoğan Y., Gencel O., Targan S., Avcıata U., Influence of colemanite admixture on Portland cement durability // Adv. Cem. Res, 2012. №24. Pp. 155–164.
11. Glinicki M.A., Antolik A., Gawlicki M., Evaluation of compatibility of neutron-shielding boron aggregates with Portland cement in mortar // Constr. Build. Mater. 2018. № 164. Pp. 731–738.
12. Федосов С.В., Акулова М.В., Слизнева Т.Е., Потемкина О.В. Термогравиметрические исследования фазовых превращений в цементных композициях на механоактивированном растворе силиката натрия // Вестник МГСУ. 2013. С. 111–118.
13. Федосов С.В., Акулова М.В., Потемкина О.В., Емелин В.Ю., Белякова Н.А. Исследование изменения фазового состава пенобетона с добавлением жидкого стекла и стеклобоя термогравиметрическим методом // Строительство и реконструкция. 2013. №3 (47). С. 69–77.
14. Hartung E., Heide K., Investigation of Phase Transitions of Hydrated Borates at Non-isothermal Conditions // Krist. Tech. 1978. Pp. 57–60.

15. Waclawska, L. Stoch, J. Paulik, F. Paulik, Thermal decomposition of colemanite // *Thermochim. Acta*. 1988. № 126. Pp. 307–318.

16. Frost R.L., Scholz R., Ruan X., Fernandes Lima R.M., Thermal analysis and infrared emission spectroscopy of the borate mineral colemanite ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2016. № 124. Pp. 131–135.

17. Rusen, Investigation of structural behavior of colemanite depending on temperature // *Rev. Rom. Mat.* 2018. № 48. Pp. 245–250.

18. Paolo Lotti, Davide Comboni, Lara Gigli, Lucia Carlucci, Eros Mossini, Elena Macerata, Mario Mariani, Gatta G. Diego. Thermal stability and high-temperature behavior of the natural borate colemanite: An aggregate in radiation-shielding concretes // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 203. Pp. 679–686.

19. Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W., Nichols M.C. (Eds.) *Handbook of Mineralogy*, Mineralogical Society of America, Chantilly, <http://www.handbookofmineralogy.org/pdfs/colemanite.pdf>

20. Helvacı C., *Stratigraphy, Mineralogy, and Genesis of the Bigadiç Deposits, Western Turkey* // *Econ. Geol.* 1995. №90. Pp. 1237–1260.

21. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. *Методы физико-химического анализа вязущих веществ: Учеб. пособие*. М.: Высш. школа, 1981. 335 с.

22. Фекличев В.Г. *Диагностические спектры минералов*. М., «Недра», 1977. 228 с.

23. Бондаренко Н.И., Здоренко Н.М., Ляшко А.А., Волошко Н.И., Антропова И.А., Бурлаков Н.М. Исследование кинетики дегидратации гидроалюминатов алюминатного цемента // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. №12. Ч. 2. 252 с.

24. Рамачандран В.С. *Применение дифференцированного термического анализа в химии цементов*. Под ред. В.Б. Ратинова. Пер. с англ. М., Стройиздат, 1977. 408 с.

25. Браун М., Доллимор Д., Галвей А. *Реакции твердых тел*: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. 360 с.

Информация об авторах

Бессмертный Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры стандартизации и управления качеством. E-mail: vbessmertnyi@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Марина Алексеевна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: bond.marinka@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Пучка Олег Владимирович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой стандартизации и управления качеством. E-mail: oleg8a@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Черкасов Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии цемента и композиционных материалов. E-mail: andrey.bstu@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Изотова Ираида Алексеевна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: izotova.iren@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Брагина Валерия Сергеевна, студент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: valeriya3331bragin@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Платов Юрий Тихонович, профессор кафедры товароведения и товарной экспертизы. E-mail: Platov.YT@rea.ru. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Россия, 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

Брагина Людмила Лазаревна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей. E-mail: bragina_l@ukr.net. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». Украина, 61002, Харьков, ул. Кирпичева, д.2.

Поступила 25.02.2021 г.

© Бессмертный В.С., Бондаренко М.А., Пучка О.В., Черкасов А.В., Изотова И.А., Брагина В.С., Платов Ю.Т., Брагина Л.Л., 2021

¹Bessmertny V.S., ^{1,*}Bondarenko M.A., ¹Puchka O.V., ¹Cherkasov A.V.,¹Izotova I.A., ¹Bragina V.S., ²Platov Yu.T., ³Bragina L.L.¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov²Plekhanov Russian University of Economics.³National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

*E-mail: bond.marinka@mail.ru

THE STUDY OF DEHYDRATION OF COLEMANITE IN NON-ISOTHERMAL CONDITIONS

Abstract. The regularities of colemanite dehydration under non-isothermal conditions are investigated. It is established that colemanite, supplied to the Russian Federation from Turkey, has calcite in its composition. The chemical composition of colemanite is determined using the X-ray fluorescence analysis method. It is shown that the processes of dehydration of colemanite under non-isothermal conditions at a heating rate of 10 °C / min are accompanied by two endothermic effects at 660,7 K and 675,7 K with a total mass loss of 17,3 %. The rate of mass loss of colemanite from the temperature at heating up to 773 K, at which colemanite dehydrates and passes into the amorphous phase, is also studied. The regularities of changes in the rate of dehydration of colemanite are established. It is shown that the maximum values of the dehydration rate of colemanite are observed in the temperature range of 653–678 K. The activation energy of colemanite dehydration is determined to be 86,000 J/mol. Based on the experimentally obtained data, the rate constant of the colemanite dehydration process is calculated. The process of dehydration of colemanite is adequately described by the formal equation of kinetics. Most of the kinetic curve is adequately described by the resulting kinetic equation. It is proposed to describe the mechanism of dehydration of colemanite by a two-stage process, accompanied at the first stage by the removal of crystallization water, and at the second stage-by the removal of hydroxyl groups.

Keywords: colemanite, dehydration, non-isothermal conditions, activation energy, endothermic effects, kinetic equation.

REFERENCES

1. Zhernovaya N.F., Doroganov E.A., Bessmertny V.S., Dorokhova E.S., Zhernovoy F.E. Glass-ceramic composite with multifunctional colemanite additive [Steklokeramicheskiy kompozit s mul'tifunktsional'noy kolemanitnoy dobavkoy]. Perspective materials. 2016. No. 5. Pp. 51–58. (rus)
2. Zhernovaya N.F., Bessmertny V.S., Zhernovoy F.E., Dorokhova E.S., Izotova I.A. Non-shrink facing material based on cullet and colemanite [Bez-usadochnyy oblitsovochnyy material na osnove stekloboya i kolemanita]. Glass and Ceramics. 2016. No. 3. Pp. 34–37. (rus)
3. Dorokhova E.S., Zhernovaya N.F., Bessmertny V.S., Zhernovoy F.E., Tarasova E.E. Management of the structure of a porous glass-ceramic material [Upravlenie strukturoy poristogo steklokeramicheskogo materiala]. Glass and Ceramics. 2017. No. 3. Pp. 28–31. (rus)
4. Guloyan Yu.A. Technology of glass and glass products [Tekhnologiya stekla i stekloizdeliy]. Vladimir: TRANZIT-IKS, 2015. 710 p. (rus)
5. Pavlyukevich Y.G., Levitsky I.A., Mazur N.In. The use of colemanite in the production of glass fiber [Ispol'zovanie kolemanita v proizvodstve steklyannogo volokna]. Glass and ceramics. 2009. No. 10. Pp. 9–13. (rus)
6. Pavlyukevich Y.G., Filo L.F., Whips S.P., Calguner E.A. Influence of boron-containing components on the technological properties of basaltic melts and glasses [Vliyanie borsoderzhashchikh komponentov na tekhnologicheskie svoystva bazal'tovykh rasplavov i stekol]. Glass and ceramics. 2018. No. 11. Pp. 7–12. (rus)
7. Kondrashov V.I. Variable manufacturing decorative and functional float glass [Variativnoe proizvodstvo dekorativnogo i funktsional'nogo float-stekla]. Glass Russia. 2014. No. 8. Pp. 22–24. (rus)
8. Yadollahi A., Nazemi E., Zolfaghari A., Ajorloo A.M., Optimization of thermal neutron shield concrete mixture using artificial neural network. Nucl. Eng. Des. 2016. No 305. Pp. 146–155.
9. Demir F., Budak G., Sahin R., Karabulut A., Oltulu M., Serifoglu K., Un A. Radiation transmission of heavyweight and normal-weight concretes containing colemanite for 6 MV and 18 MV X-rays using linear accelerator. Ann. Nucl. Energy. 2010. No. 37. Pp. 339–344.
10. Erdogmus E., Erdoğan Y., Gencel O., Targan S., Avcıata U., Influence of colemanite admixture on Portland cement durability. Adv. Cem. Res. 2012. No 24. Pp. 155–164.
11. Glinicki M.A., Antolik A., Gawlicki M., Evaluation of compatibility of neutron-shielding boron aggregates with Portland cement in mortar. Constr. Build. Mater. 2018. No 164. Pp. 731–738.

12. Fedosov S.V., Akulova M.V., Slizneva T.E., Potemkina O.V. Thermogravimetric studies of phase transformations in cement compositions on a mechanoactivated solution of sodium silicate [Termogravimetriccheskie issledovaniya fazovykh prevrashcheniy v tsementnykh kompozitsiyakh na mekhanoaktivirovannom rastvore silikata natriya]. Vestnik MGSU. 2013. Pp. 111–118. (rus)
13. Fedosov S.V., Akulov V.M., Potemkin O.V., Emelin V.Yu., Belyakova N.A. The study of changes in the phase composition of the foam with the addition of liquid glass and cullet thermogravimetric method [Issledovanie izmeneniya fazovogo sostava penobetona s dobavleniem zhidkogo stekla i stekloboya termogravimetricheskim metodom]. Construction and reconstruction. 2013. No. 3 (47). Pp. 69–77. (rus)
14. Hartung E., Heide K. Investigation of Phase Transitions of Hydrated Borates at Non-isothermal Conditions. Krist. Tech. 1978. Pp. 57–60.
15. Wacławski, Stoch L., Paulik J., Paulik F. Thermal decomposition of colemanite. Thermochim. Acta. 1988. No. 126. Pp. 307–318.
16. Frost R.L., Scholz R., Ruan X., Fernandes R.M. Lima, Thermal analysis and infrared emission spectroscopy of the borate mineral colemanite ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). J. Therm. Anal. Calorim. 2016. No 124. Pp. 131–135.
17. Rusen, Investigation of structural behavior of colemanite depending on temperature. Rev. Rom. Mat. 2018. No 48. Pp. 245–250.
18. Paolo Lotti, Davide Comboni, Lara Gigli, Lucia Carlucci, Eros Mossini, Elena Macerata, Mario Mariani, Gatta G. Diego. Thermal stability and high-temperature behavior of the natural borate colemanite: An aggregate in radiation-shielding concretes. Construction and Building Materials. 2019. Vol. 203. Pp. 679–686.
19. Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W., Nichols M.C. (Eds.) Handbook of Mineralogy, Mineralogical Society of America, Chantilly, <http://www.handbookofmineralogy.org/pdfs/colemanite.pdf>
20. Helvacı C., Stratigraphy, Mineralogy, and Genesis of the Bigadiç Deposits, Western Turkey. Econ. Geol. 1995. No 90. Pp. 1237–1260.
21. Gorshkov V.S., Timashev V.V., Savelyev V.G. Methods of physical and chemical analysis of astringent substances: Textbook. [Metody fiziko-khmicheskogo analiza vyazhushchikh veshchestv: Ucheb. posobie]. M.: Higher School, 1981. 335 p. (rus)
22. Feklichev V.G. Diagnostic spectra of minerals [Diagnosticheskie spektry mineralov]. M.: Nedra, 1977. 228 p. (rus)
23. Bondarenko N.I., Zdorenko N.M., Lyashko A.A., Voloshko N.I., Antropova I.A., Burlakov N.M. Investigation of dehydration kinetics of aluminate cement hydroaluminates [Issledovanie kinetiki degidratatsii gidroaluminatov alyuminatnogo tsementa]. International Journal of Experimental Education. 2015. No. 12. Ch. 2. 252 p. (rus)
24. Ramachandran V.S. Application of differentiated thermal analysis in cement chemistry [Primenenie differentsirovannogo termicheskogo analiza v khimii tsementov]. Ed. by V. B. Ratinov. Per. s engl. M., Stroyizdat, 1977. 408 p. (rus)
25. Brown M., Dollimore D., Galvey A. Reactions of solid bodies: Trans. from English [Reaktsii tverdykh tel: Per. s engl.]. M.: Mir, 1983. 360 p. (rus)

Information about the authors

Vasily S. Bessmertniy, DSc, Professor. E-mail: vbessmertnyi@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Marina A. Bondarenko, graduate student. E-mail: bond.marinka@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Oleg V. Pucka, candidate of technical Sciences, Professor. E-mail: oleg8a@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Andrey V. Cherkasov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: andrey.bstu@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Iraida A. Izotova, graduate student. E-mail: izotova.iren@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Valeria S. Bragina, student. E-mail: valeriya3331bragin@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Yuri T. Platov, Professor. E-mail: Platov.YT@rea.ru. Plekhanov Russian University of Economics. Russia, 117997, Moscow, per. Stremyanny, 36.

Lyudmila L. Bragina, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: bragina_l@ukr.net. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Ukraine, 61002, Kharkiv, st. Kirpicheva, 2.

Received 25.02.2021

Для цитирования:

Бессмертный В.С., Бондаренко М.А., Пучка О.В., Черкасов А.В., Изотова И.А., Брагина В.С., Платов Ю.Т., Брагина Л.Л. Исследование дегидратации колеманита в неизотермических условиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 97–106. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-97-106

For citation:

Bessmertniy V.S., Bondarenko M.A., Puchka O.V., Cherkasov A.V., Izotova I.A., Bragina V.S., Platov Yu. T., Bragina L.L. The study of dehydration of colemanite in non-isothermal conditions. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 97–106. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-97-106

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-107-117

*Гетьман Ю.А., Погонин А.А., Бондаренко Ю.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: mila.kholoshevskaya@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БАРАБАННОЙ ПЕЧИ И ОПОРНЫХ РОЛИКОВ В ANSYSMECHANICAL

Аннотация. Барабанная печь, на первый взгляд, представляет собой достаточно простой конструктивный объект, который очень широко распространён в промышленности обработки и получения материалов, как для строительства, так и для других целей. Но за внешней простотой, скрываются сложные химические процессы, механические, тонкости системы управления, технология изготовления крупногабаритных деталей, входящие в общую сборку и непосредственно вопросы, связанные со стадией проектирования, модернизации. Исследование различных закономерностей механических процессов, связанных с теорией упругости, кинематикой, контактными взаимодействиями представляет собой сложность даже в отдельности, не говоря уже о том, когда процессы протекают совместно. Изучение контактного взаимодействия печи с роликовыми опорами позволяет увидеть аномальные эффекты, которые могут возникнуть при неправильном конструктивном исполнении. В конкретном случае необходимо пронаблюдать, как под действием внешних сил, происходят изменяющиеся во времени деформации, перемещения, отдельных элементов конструкции, которые имеют ключевое функциональное значение в работе оборудования, в условиях контактного взаимодействия отдельных его деталей, с учётом инерционных нагрузок и демпфирования. Исследование переходных процессов с изменяющимися силовыми факторами во времени позволит нам получить отклик конструкции на внешние воздействия.

Ключевые слова: печь, опоры, напряжения, конструкция, контакт, колебания, время, изменение.

Введение. Вращающиеся барабанные печи, как и их отдельные детали, это весьма крупногабаритные промышленные объекты. Одна из наиболее важных «деталей», это венцовое зубчатое колесо, которое монтируется на барабанную печь. Для удобства перевозки и монтажа оно представляет собой сборочную единицу, разделённую на 4 отдельных сектора (Рис. 1).

Далее сектора устанавливаются на барабанную печь поближе к одной из опорно-роликовой конструкции, где минимальны прогибы под собственным весом печи, что позволяет более точно осуществить монтаж и установить привод вращения данного зубчатого колеса. Основным интерес представляют опоры печи, опорные ролики, по которым осуществляется качение обечайки печи через бандаж, с последующим вращением вокруг собственной оси. Именно они воспринимают большую часть нагрузок как статические, так и динамические, и эффективность работы данного оборудования напрямую зависит от их состояния. Моделирование переходного процесса производим в системе AnsysWorkbench [1–3].



Рис. 1. Приводное зубчатое колесо в разборе на ЖДВ г. Белгород

Основная часть. Суть моделирования переходных процессов заключается в получении отклика конструкции, которая находится под действием изменяющихся или постоянных внешних

силовых факторов [4–5]. Учитывая инерционность и демпфирование моделировании реальных кинематических пар и их комбинаций осуществляется при помощи различных шарниров. Моделирование проводим в модуле Transient-StructuralCAE-системы AnsysWorkbench. В отличие от статического анализа, где отсутствует величины изменяющиеся во времени, данный модуль использует общее уравнение движения:

$$[M] \cdot \{d^2x/dt^2\} + [C] \cdot \{dx/dt\} + [K] \cdot \{x\} = \{F(t)\} \quad (1)$$

где $[M]$ – матрица масс, $[C]$ – матрица коэффициентов демпфирования, $[K]$ – матрица коэффициентов жёсткости, $\{x\}$ – вектор перемещений в элементах или узлах (с соответствующими производными первого и второго порядков по времени), $\{F(t)\}$ – вектор внешних сил.

Особенностью конструктива вращающейся печи является то, что вращение барабана и роликовых опор значительно отличаются, передаточное отношение может составлять в среднем 18–25 [6–7]. Это значит, что часть массы конструкции вращается с одной скоростью, корпус печи, с частотой около 2-3 об/мин, а роликовые опоры с намного большей скоростью, пропорционально передаточному отношению. Ввиду этого, при расчёте, и получении выходных зависимостей, таких как, перемещения, деформации и напряжения используются неявные схемы интегрирования системы дифференциальных уравнений [8]. Применение неявных схем необходимо, ввиду жёсткости системы уравнений, когда коэффициенты при соответствующих неизвестных сильно

разнятся от уравнения к уравнению. Решение такой системы явными методами, например, методом Рунге-Кутты пятого порядка, приводит к потере устойчивости, то есть, сам характер полученного решения зависит от выбранных коэффициентов, чего в принципе не должно быть. Эта проблема обычно решается выбором более мелкого шага интегрирования, но тем самым увеличивается количество итераций, достигающих порой десятков тысяч или даже миллиардов. Неявные методы, такие как, неявные схемы Адамса-Мултона, метод Розенброка, позволяют избежать такого количества итераций. Характерны для задач, в которых присутствуют как быстропротекающие, так и медленнопротекающие процессы одновременно.

Для анализа используем конструктивные параметры реальной вращающейся печи фирмы СЕМЕQ для переработки отработанных аккумуляторных батарей. Диаметр внутреннего отверстия печи равняется 3.58 м, длина составляет 78 м. Масса печи составляет 101 тонну и грузоподъёмность 100 тонн. Чтобы примерно учесть загрузку материалом, скорректируем некоторые размеры так, чтобы вес печи составлял чуть более 200 тонн. Ширина бандажей – 1 м, ширина опорных роликов – 1.2 м. Ролики установлены асимметрично, относительно оси симметрии бандажа, находящейся в плоскости размеров. Смоделируем расчётную схему, 3d – модель, и зададим нестандартное расположение бандажей и роликовых опор, чтобы выявить какие могут быть аномальные явления (рис.Рис 2) [9]. Печь является самой небольшой по размерам из всего модельного ряда производителя СЕМЕQ.

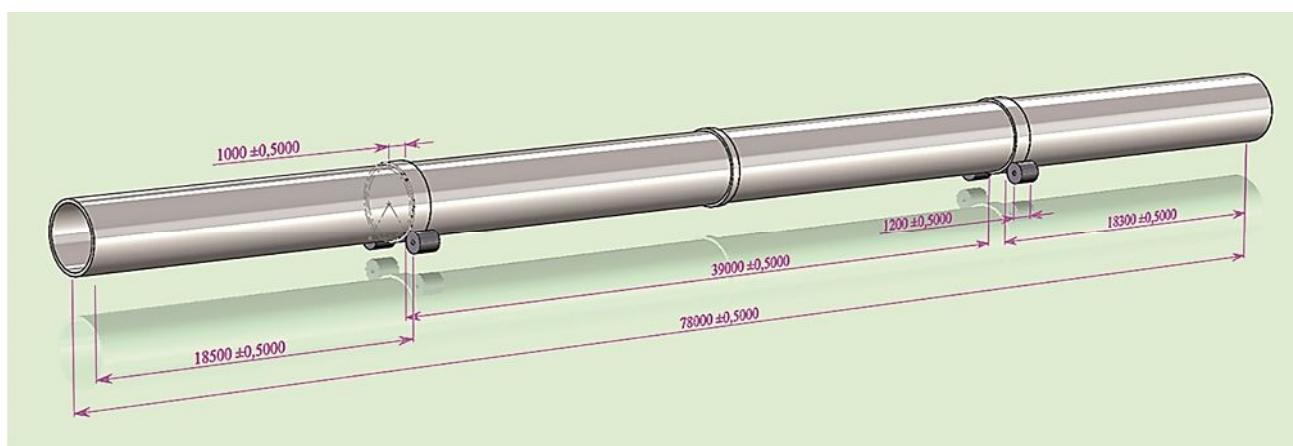


Рис. 2. Перспективная проекция печи

Расположение роликовых опор в боковой проекции также несимметрично, угол разлёта роликов отличается от стандартных 60° градусов.

В модуле TransientStructural задаем настройки необходимые для моделирования.

Главным условием при моделировании контактного взаимодействия в динамических задачах является наличие жёсткости у контактирующих тел. Эта жёсткость может быть сколь угодно большой, главное, чтобы тело не являлось абсо-

лютно жёстким по отношению ко всем остальным. Это важно, так как многие характеристики контакта, а также сходимость задачи по силовым факторам, будут просто отсутствовать. Задаем условие контакта между цилиндрической поверхностью ролика и банджа, контакт тип Frictional с коэффициентом трения 0,2 (сталь-сталь) [10]. Другая характеристика контакта – симметричность (асимметричность) характеризует проникновение или его отсутствие у тел. Для данной задачи оставим эту настройку на автоматическом режиме, контакт скорее будет асимметричным,

потому что в данном случае, сборка не является неподвижной и исследуется взаимное вращение (зацепление) материала о материал (рис. 3). В реальности, моделирование проникновения опоры банджа в роликовую поверхность, может объяснять попаданием частиц абразива на гладкую поверхность, свариваемость с металлом и последующим вырыванием частиц металла из поверхности. Это приводит к резкому увеличению шероховатости и силам трения и способствует скорейшему износу роликовых опор.

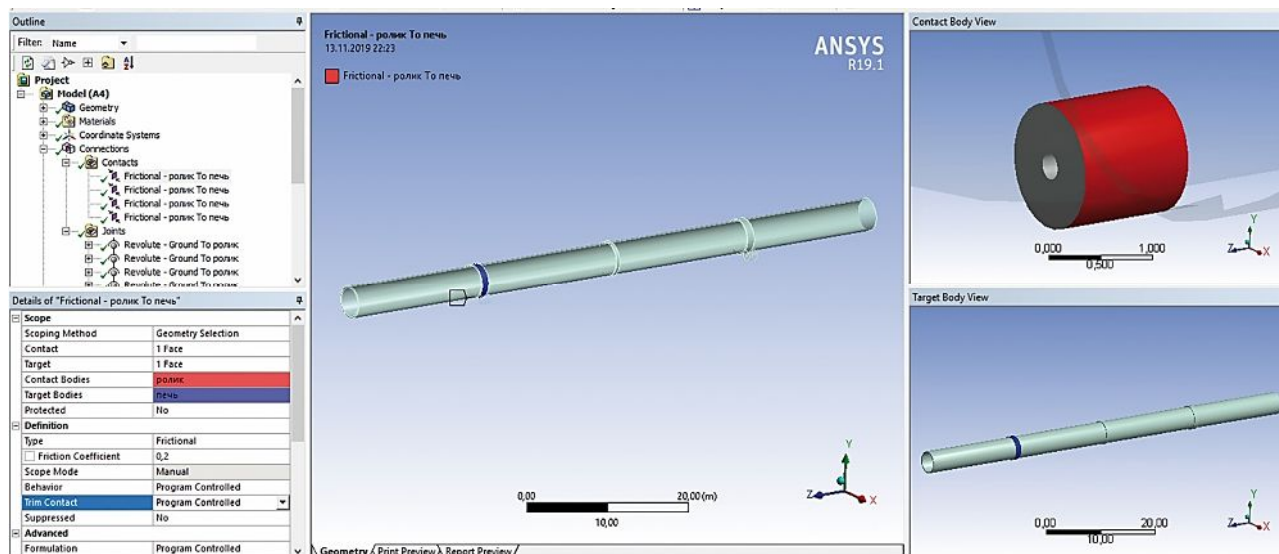


Рис. 3. Окно настройки контакта

Имитацию посадки на вал зададим шарнирным соединением типа Body-Ground, подтип Revolute. В качестве поверхности вращения зададим сквозное центровое отверстие в ролике.

Создаем сетку (рис. 4) по умолчанию, так как, проверено, что при уменьшении размера элемента, к примеру ролика, в 2–3 раза, ведёт к увеличению времени расчёта в не пропорциональное количество раз, а также к нехватке оперативной памяти.

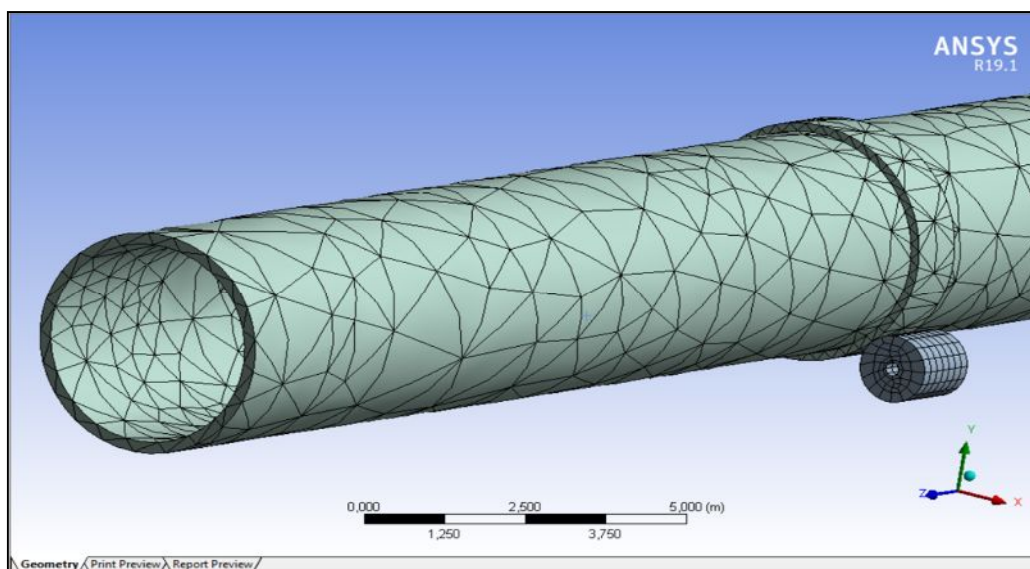


Рис. 4. Создание сетки

Далее задаем нагрузки и ограничение. В качестве инерционной нагрузки выставим стандартную земную гравитацию, и зададим скорость вращения печи 2 об/мин, что является средним показателем для данного параметра. Вращение с такой скоростью будет постоянным параметра, теперь зададим ограничение на перемещение. В

реальной конструкции у печи возможно два перемещения: в радиальном и тангенциальном направлении. Для фиксации перемещения в осевом направлении используются, для лёгких печей – обыкновенные упорные ролики, на тяжёлых – гидроупоры (рис. 5).

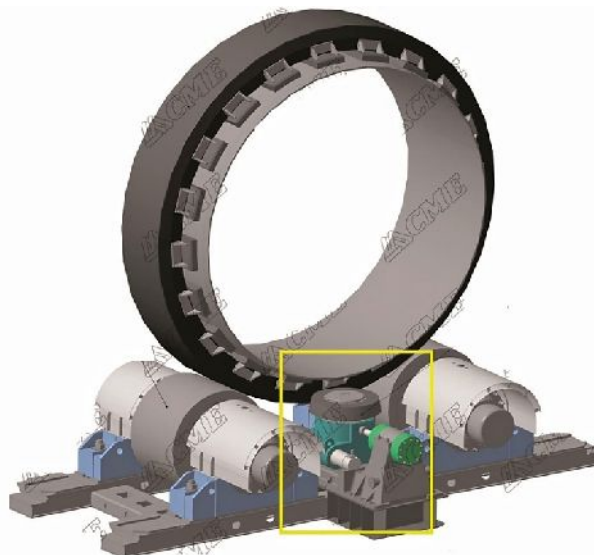


Рис. 5. Роликовые опоры с осевым фиксатором

В нашем случае используется как раз упорный ролик, а не гидроупор, но на суть закрепления это повлияет не значительно. Будем использовать из вкладки Support, ограничение типа Cylindrical support.

Применим данное закрепление к цилиндрической поверхности бандажей и условной поверхности венцового зубчатого колеса (рис. 6).

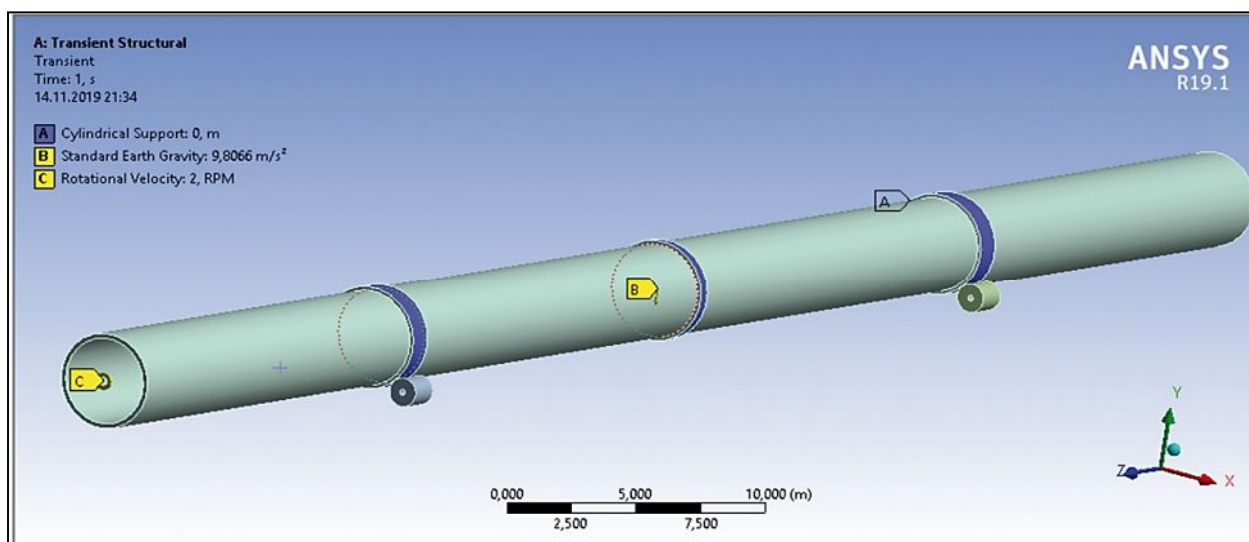


Рис. 6. Расчётная схема

После задания всех настроек, запускаем решатель, и видим, что даже при таком размере сетки, потребление ресурсов достаточно значительное.

Посмотрим после завершения расчёта на эквивалентные напряжения. По умолчанию используется четвёртая теория прочности – энергетическая. Значения напряжения вычисляются по критерию фон Мизеса [11–13]:

$$\sigma_{\text{ЭКВ.}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \leq [\sigma] \quad (2)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – нормальные напряжения на главных площадках, $[\sigma]$ – критические значения напряжения для данного материала (обычно предел текучести).

Большие значения напряжений при прогибе печи под собственным весом появляются из-за того, что правая опора, расположенная ближе к правому торцу печи, испытывает большие изгибающие моменты, что влечёт за собой наличие

концентрации напряжений, где торцевые поверхности ролика и бандажа лежат в одной плоскости и контактируют кромками. Та же ситуация и на роликах левой опоры, но напряжённое – деформированное состояние здесь значительно отличается и отсутствует сильно выраженная концентрация напряжений (рис. 7).

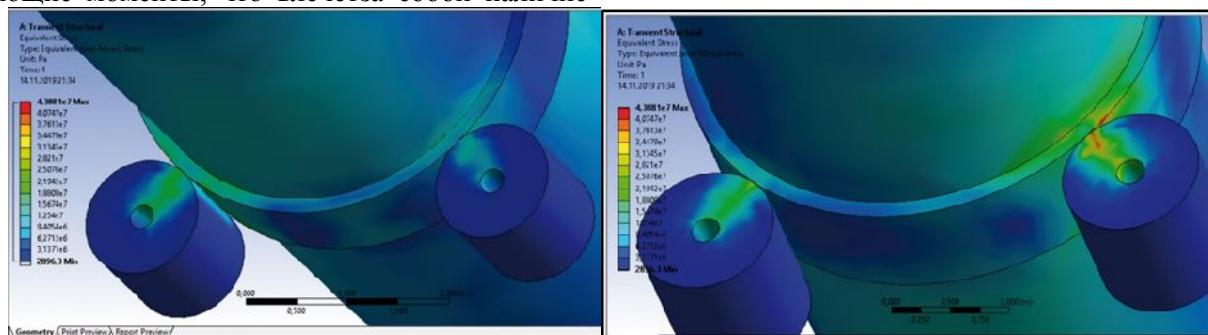


Рис. 7. Общая картина напряжений в зоне контакта левой и правой опоры

Видно, что напряжения на роликах левой и правой опоры различаются, помимо этого распределение их так же носит различный характер. Такое поведение зависит от различного расстояния опор от торцов печи и ассиметричного расположения роликов в боковой проекции. В случае левой опоры, один из роликов остаётся практически незагруженным, в случае же правой опоры, на той же стороне относительно оси печи, ролик загружен максимально.

Так как рассматривается переходный процесс, то значения тех или иных величин должны иметь нестационарный характер, то есть изменяться во времени. В случае статического изображения, в отличие от анимированного, определить функциональную зависимость во времени невозможно, поэтому иллюстрацией данной зависимости будут служить графики изменения этих величин [14–15]. Ниже (рис. 8), представлен график изменения эквивалентных напряжений во всей конструкции.

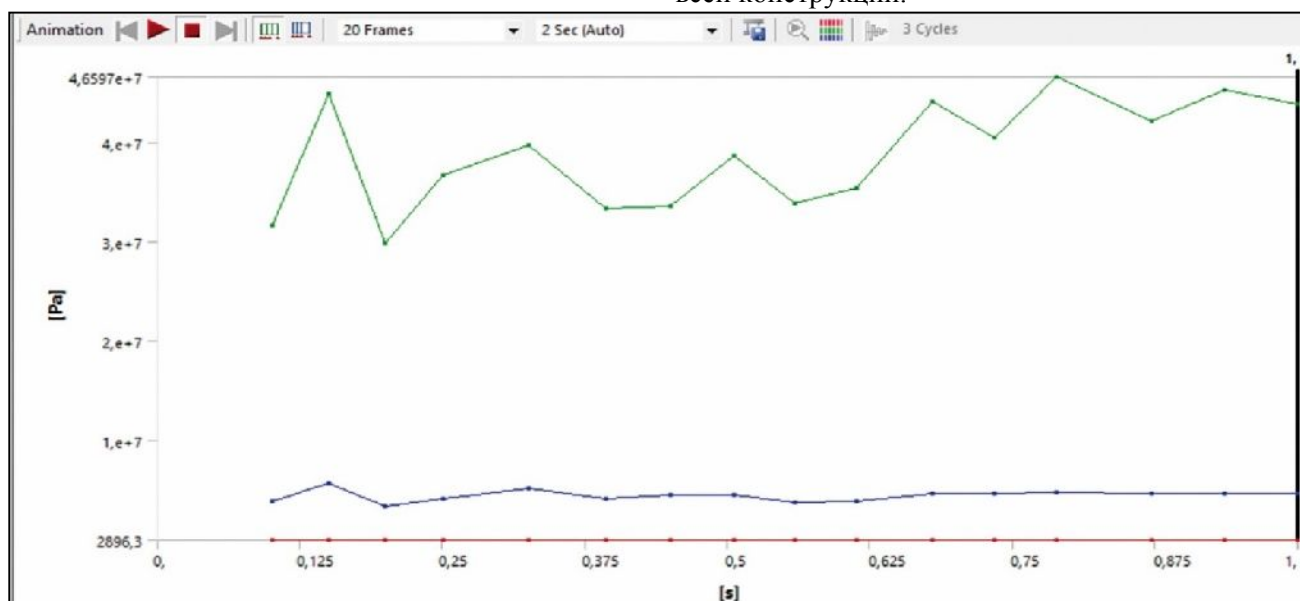


Рис. 8. Графики изменения эквивалентных напряжений

Любой переходный процесс, которому характерны «при старте» повышенные значения возникающих при напряжённо-деформированном состоянии величин, рано или поздно выходит на то или иное постоянное значение, которое незначительно колеблется относительно среднего. На графике зелёная линия. За время моделирования можно предположить, что достигнув максимального значения напряжения в 46 МПа, параметр выходит на постоянное значение около 40–42 МПа.

Важно отметить следующее, что при использовании в конструкции печи сварного бандажа, жёсткость и прочность конструкции значительно выше, чем при использовании бандажа плавающего. Однако это ведёт к тому, что бандажи, как и венцовое зубчатое колесо, в зоне сопряжения с поверхностью корпуса печи, и в зонах, находящихся на достаточно большом удалении от роликовой опоры, являются концентраторами напряжений (рис. 9).

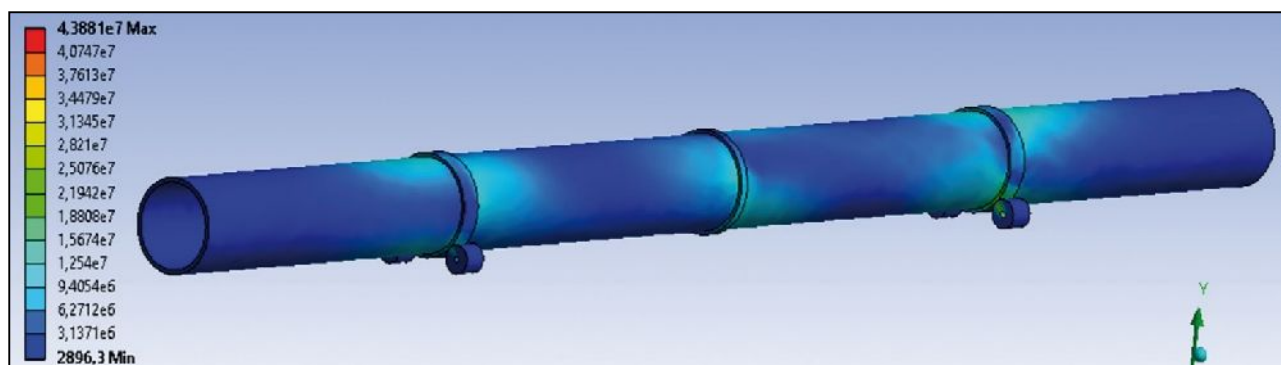


Рис. 9. Общий вид эквивалентных напряжений в конструкции печи

Далее, с помощью средства ContactTool, посмотрим, что происходит непосредственно в зоне контакта. Строим карты нормального давления в обеих опорах, выбрав характеристику напряжений Pressure. Как и в случае эквивалентных напряжений, ситуация подобная. Один из роликов левой опоры загружен очень мало, по сравнению с роликом правой опоры. Отчётливо можно заметить, по величине максимального давления,

формирование двух пятен контакта на трёх роликах из четырёх, на четвертом ролике разрыва пятна контакта не наблюдается. Характер изменения кривой нормального давления в роликах схож с графиком эквивалентных напряжений с максимальной амплитудой в 39 МПа (рис. 10), что говорит о существенном вкладе в напряжения вычисленные по критерию фон Мизеса.

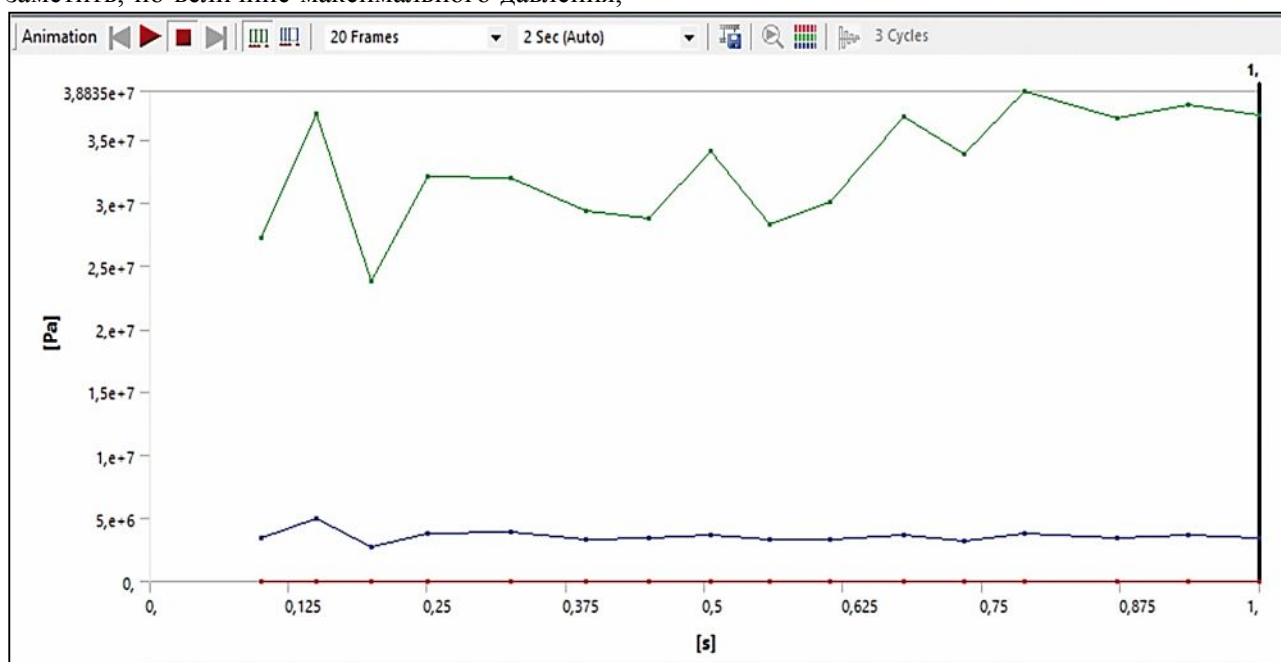


Рис. 10. Графики изменения контактного давления

Рассмотрим статус контакта (рис 11), который может принимать пять состояний (над ограничением, далеко, близко, скольжение, склеивание), видим, что присутствует частично скольжение, что в реальной конструкции в принципе практически не бывает, но задав в системе по умолчанию, небольшую величину, в последствии можно будет промоделировать износ поверхностей при резком пуске [16–17]. По этой причине, разгон печи осуществляется плавно, электродви-

гателями с возможностью постепенного изменения своих оборотов, так как для реального запуска печи на 2 об/мин, потребуется значительно большее количество энергии, для преодоления инерционных нагрузок, и привод передачи крутящего момента таких нагрузок может не выдерживать. Но моделировать разгон задача достаточно сложная и ресурсозатратная, поэтому условно считаем, что моделирование происходит уже при установившемся режиме вращения печи.

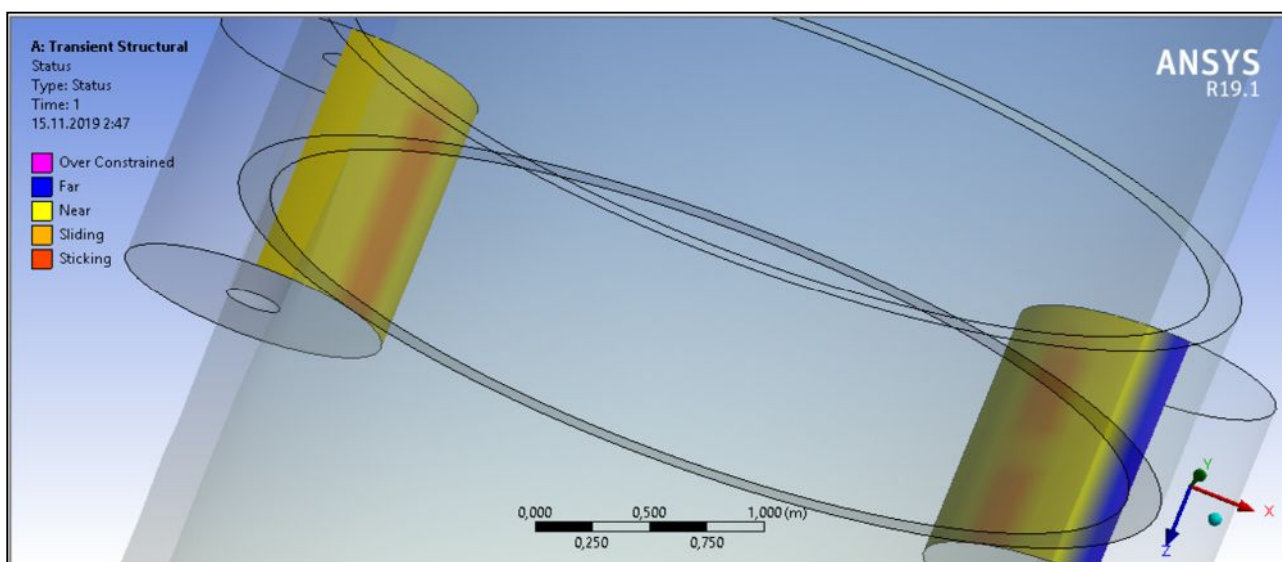


Рис. 11. Статус контактных пар

Напряжения, вызываемые касательными силами трениями, в результате проскальзывания и могут стать одной из причиной износа опорных роликов, нарушением его геометрической формы, появлением биения, что в свою очередь ведёт к повышенным нагрузкам на привод вращения печи даже при установившемся режиме работы [18].

Проведём модальный анализ, чтобы определить формы колебаний печи, а также частоты, на которых эти колебания происходят. Задаем в настройках вычисления первых двадцати форм колебаний и получим следующую диаграмму частот (рис. 12).

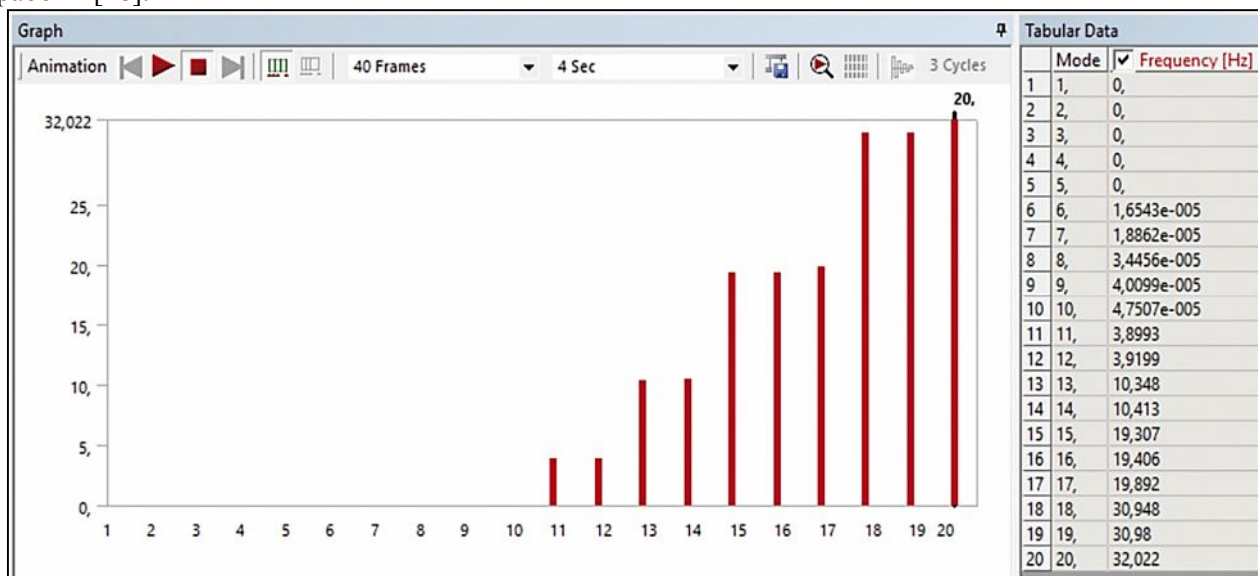


Рис. 12. Модально – частотная диаграмма

Видим, что первые 10 форм колебаний отсутствует, а на 20-ой форме частота составляет 32 Гц. Это говорит о том, что избежать разрушения при резонансе с другим работающим оборудованием невозможно. Частоты окружающей среды не должны совпадать или быть кратными рассчитанным частотам. Двадцати форм колебаний достаточно для данного расчёта, так как эффективная масса составила 97 %, что больше 90 %, а это значит, что мы учли все возможные формы колебаний, и у нас не осталось скрытых частот и неколеблющихся масс.

На самом деле, если посмотреть на значения перемещений, на каждой из форм с ненулевой частотой колебаний, то можно увидеть, что максимальные перемещения не превышают 1 мм, и поэтому даже попадая в резонанс, мгновенного разрушения не будет (рис. 13). Но не смотря на небольшие амплитуды колебаний, желательно соблюдать правило при проектировании, описанное выше. Либо провести дополнительные расчёты, которые подтверждают некоторое безопасное допущение резонанса.

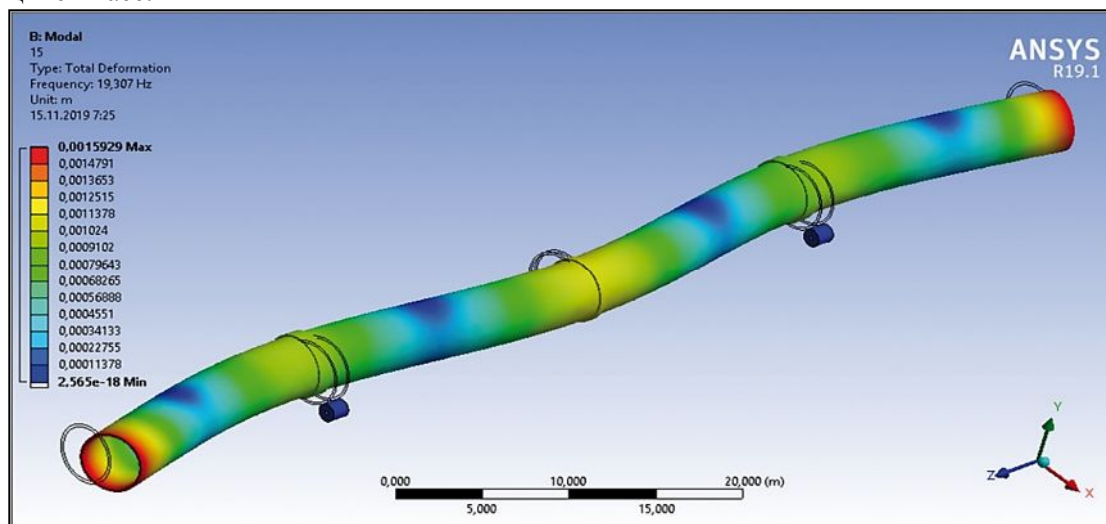


Рис. 13. Картина суммарных перемещений на частоте 19,3 Гц

Выводы: проведение анализа переходных процессов помогло выявить то, что невозможно получить обычным статическим расчётом. Изменяющиеся значения величин при напряжённо-деформированном состоянии объекта, в отличие от статических, могут значительно менять поведение конструкции, особенно крупногабаритных объектов, не говоря уже о том, что эти объекты могут работать на повышенных скоростях [19–20]. В нашем случае хоть и не наблюдается движения с высокими скоростями, но учтены инерционные нагрузки. Изучение контактного взаимодействия печи с роликовыми опорами в процессе вращения, позволило увидеть anomальные эффекты, которые могут возникнуть при неправильном конструктивном исполнении, либо при ошибке в монтаже и неправильному подходу к проектированию. Данная модель безусловно может быть дополнена другими элементами симуляции реальных конструктивных особенностей, такими как жёсткости подшипников, кинематической схемой плавающих бандажей, демпфирующих элементов, реальных гидравлических упоров и некоторых других. Всё это конечно потребует значительных вычислительных мощностей,

но тем не менее, позволит приблизить имитационную модель поведения конструкции к её реальному поведению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кхалифа М.М., Дуюн Т.А. Моделирование процесса резания конструкционной стали с использованием конечно-элементного пакета AnsysWorkbench // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 11. С. 121–127.
2. Дуюн Т.А., Гринек А.В., Сахаров Д.В. Моделирование и оптимизация технологических процессов изготовления изделий с использованием метода динамического программирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 61–65.
3. Дуюн Т.А., Рубанов В.Г., Хуртасенко А.В., Гринек А.В., Кариков Е.Б., Лесунов М.Е. Математическое моделирование и оптимизация процессов механической обработки как средство управления технологическими параметрами на основе нечеткой логики // Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводи-

мого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. Белгородский государственный технологический университет им. В.В. Шухова. 2015. С. 138–156.

4. Федоренко М.А. Лепестковое уплотнительное устройство для цементных вращающихся печей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2008. № 4. С. 49–52.

5. Санина Т.М. Способ восстановления работоспособности внутренней поверхности цапфы крупногабаритного вращающегося оборудования в условиях эксплуатации // Белгород: БГТУ. 2011. 114 с.

6. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Смирных А.П., Якубенко А.Н. Анализ и пути совершенствования способов механической обработки крупногабаритных венцевых шестерен приводов вращающихся агрегатов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 11. С. 6–8.

7. Маркова О.В. Математическая модель оптимизации обработки цилиндрических поверхностей крупногабаритного вращающегося оборудования // «Труды Госнिति». 2015. Т. 119. С. 219–224.

8. Дуюн Т.А. Моделирование тепловых деформаций с целью обеспечения точности механической обработки // Вестник Брянского государственного технического университета. 2009. № 2 (22). С. 17–23.

9. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Маркова О.В. Технология восстановления работоспособности опорных бандажей вращающихся цементных печей // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. № 1. С. 13–15.

10. Гологорский Е.Г., Доценко А.И., Ильин А.С. Эксплуатация и ремонт оборудования предприятий стройиндустрии // М.: Архитектура. 2006. 503 с.

11. Маркова О.В. Аулов В.Г., Лавренчук А.Н., Федоренко М.А. Анализ методов расчета износа контактных поверхностей трения // Международная научно-практическая конференция

студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс», Губкин: Изд-во БГТУ, 2012. С. 65–69.

12. Маслова И.В., Лозовая С.Ю., Чепчуров М.С. Дистанционная диагностика состояния опорных деталей сушильных барабанов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2013. Т. 19. № 3. С. 653–658.

13. Иванов А.И., Малыгина Е.А., Вятчанин С.Е., Туреев С.В. Закон распределения критерия Крамера – Фон Мизеса для проверки гипотезы нормальности малых выборок // Электронные информационные системы. 2019. № 1. (20). С. 97–105.

14. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Маркова О. В. Привод вращения крупногабаритных агрегатов зубчатыми колесами // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. № 3. С. 15–17.

15. Корендяев Г.К. О Конечноэлементном моделировании процесса обработки металлов резанием (часть 1) // Вестник научно-технического развития. 2015. № 2. С. 14–24.

16. Ozel T. The Influence of friction models on finite element simulations of machining // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2006. №1. Pp. 518–530.

17. Fedorenko M.A., Bondarenko Y.A., Sanina T.M., Markova O.V. Auxiliary machine for machining internal surfaces of large cylindrical type // Eng Technol. 2015. № 11. Pp. 27–28

18. Дуюн Т.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния коллектора электродвигателя с целью обеспечения надежности работы // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2010. № 2 (154). С. 43–46.

19. Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е. В. Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Юрайт, 2011. 550 с.

20. Bondarenko J.A., Duyun T.A., Bestuzheva O.V. Investigation of stresses and deformations of ball mill support axles taking into account the temperature field by numerical method // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 945(1). № 012018.

Информация об авторах

Гетьман Юрий Александрович, аспирант кафедры технология машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Погонин Анатолий Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технология машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Юлия Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры технология машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 20.02.2021 г.

© Гетьман Ю.А., Погонин А.А., Бондаренко Ю.А., 2021

***Getman Yu.A., Pogonin A.A., Bondarenko Yu.A.**
 Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
 *E-mail: mila.kholoshevskaya@mail.ru

STUDY OF THE TRANSITION PROCESS OF OPERATION IN THE CONTACT INTERACTION OF THE ROTARY KILN AND THE SUPPORT ROLLERS IN ANSYSMECHANICAL

Abstract. At first glance, a rotary kiln is a simple structural object, which is very widespread in the industry of processing and obtaining materials, both for construction and for other purposes. However, behind the external simplicity, there are complex chemical processes, mechanical, subtleties of the control system, the technology of manufacturing large-sized parts that are part of the general assembly and directly issues related to the design and modernization stage. The study of various regularities of mechanical processes associated with the theory of elasticity, kinematics and contact interactions is difficult even separately, especially when the processes run together. Studying the contact interaction of the kiln with roller supports allows to see the anomalous effects that can occur if the design is incorrect. In a specific case, it is necessary to observe how, under the action of external forces, time-varying deformations, displacements, of individual structural elements occur, which are of key functional importance in the operation of the equipment, in conditions of contact interaction of its individual parts, taking into account inertial loads and damping. The study of transition processes with changing force factors in time will allow to obtain the response of the structure to external influences.

Keywords: kiln, supports, stresses, construction, contact, vibrations, time, change.

REFERENCES

1. Khalifa M.M., Duyun T.A. Modeling the process of cutting structural steel using the finite element package AnsysWorkbench [Modelirovaniye protsessa rezaniya konstruktsionnoy stali s ispol'zovaniyem konechno-elementnogo paketa AnsysWorkbench]. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2019. No. 11. Pp. 121–127. (rus)
2. Duyun T.A., Grinek A.V., Sakharov D.V. Modeling and optimization of technological processes of manufacturing products using the method of dynamic programming [Modelirovaniye i optimizatsiya tekhnologicheskikh pro-tsessov izgotovleniya izdeliy s ispol'zovaniyem metoda dinamicheskogo programmirovaniya]. Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2013. No. 3. Pp. 61–65. (rus)
3. Duyun T.A., Rubanov V.G., Khurtasenko A.V., Grinek A.V., Karikov E.B., Lesunov M.E. Mathematical modeling and optimization of machining processes as a means of controlling technological parameters based on fuzzy logic [Matematicheskoye modelirovaniye i optimizatsiya protsessov mekhanicheskoy obrabotki kak sredstvo upravleniya tekhnologicheskimi parametrami na osnove nechetkoy logiki]. Regional scientific and technical conference following the results of the competition for oriented fundamental research on interdisciplinary topics, held by the Russian Foundation for Basic Research and the Government of the Belgorod Region. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2015. Pp. 138–156. (rus)
4. Fedorenko M. A. Petal sealing device for cement rotary kilns [Lepestkovoye uplotnitel'noye ustroystvo dlya tsementnykh vrashchayushchikhsya pechey]. Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2008. No. 4. Pp. 49–52. (rus)
5. Sanina T.M. A method of restoring the performance of the inner surface of the pin of large rotating equipment under operating conditions [Sposob vosstanovleniya rabotosposobnosti vnutrenney poverkhnosti tsapfy krupnogabaritnogo vrashchayushchegosya oborudovaniya v usloviyakh ekspluatatsii]. Belgorod: BSTU. 2011. Pp. 114. (rus)
6. Fedorenko M.A., Bondarenko Yu. A., Sanina T.M., Smirnykh A.P., Yakubenko A.N. Analysis and ways of improving the methods of mechanical processing of large-size ring gears of drives of rotating units [Analiz i puti sovershenstvovaniya sposobov mekhanicheskoy obrabotki krupnogabaritnykh ventsevykh shesteren privodov vrashchayushchikhsya agregatov]. Repair, restoration, modernization. 2013. No. 11. Pp. 6–8. (rus)
7. Markova O.V. Mathematical model of optimization of processing of cylindrical surfaces of large-sized rotating equipment [Matematicheskaya model' optimizatsii obrabotki tsilindricheskikh poverkhnostey krupnogabaritnogo vrashchayushchegosya oborudovaniya]. "Proceedings of Gosniti". 2015.V. 119. Pp. 219–224. (rus)
8. Duyun T.A. Simulation of thermal deformations to ensure machining accuracy [Modelirovaniye teplovykh deformatsiy s tsel'yu obespecheniya tochnosti mekhanicheskoy obrabotki]. Bulletin of the Bryansk State Technical University. 2009. No. 2 (22). Pp. 17–23. (rus)
9. Fedorenko M.A., Bondarenko Yu.A., Sanina T.M., Markova O.V. Technology of restoration of the working capacity of supporting bandages

of rotating cement kilns [Tekhnologiya voss-tanovleniya rabotosposobnosti opornykh bandazhey vrashchayushchikhsya tsementnykh pechey]. Re-pair, restoration, modernization. 2015. No. 1. Pp. 13–15. (rus)

10. Gologorsky E.G., Dotsenko A.I., Ilyin A.S. Operation and repair of equipment for construction industry enterprises. Architecture. 2006. Pp. 503. (rus)

11. Markova O.V., Aulov V.G., Lavrenchuk A.N., Fedorenko M.A. Analysis of methods for calculating the wear of contact surfaces of friction [Analiz metodov rascheta iznosa kontaktnykh poverkhnostey treniya]. International scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Youth and scientific and technological progress", Gubkin: Publishing house of BSTU. 2012. Pp. 65–69. (rus)

12. Maslova I.V., Lozovaya S.Yu., Chepchurov M.S. Remote diagnostics of the condition of the supporting parts of the drying drums [Distsionnaya diagnostika sostoyaniya opornykh detaley sushil'nykh barabanov]. Bulletin of the Tambov State Technical University. 2013. T. 19. No. 3. Pp. 653–658. (rus)

13. Ivanov A.I., Malygina E.A., Vyatchanin S.E., Tureev S.V. The distribution law of the Kramer - Von Mises criterion for testing the hypothesis of normality of small samples [Zakon raspredeleniya kriteriya Kra-mera – Fon Mizesa dlya proverki gipotezy normal'nosti malykh vyborok]. Electronic information systems. 2019. No. 1. (20). Pp. 97–105. (rus)

14. Fedorenko M.A., Bondarenko Yu.A., Sanina T.M., Markova O.V. Rotation drive of large-size units with gear wheels [Privod vrashcheniya krupno-

gabaritnykh agregatov zubchatymi kolesami]. Repair, restoration, modernization. 2015. No. 3. Pp. 15–17. (rus)

15. Korendyasev G.K. About Finite Element Modeling of Metal Cutting Process (Part 1) [O Konechnoelementnom modelirovanii protsessa obrabotki metallov rezaniyem (chast' 1)]. Scientific and technical development bulletin. 2015. No. 2. Pp. 14–24. (rus)

16. Ozel T. The Influence of friction models on finite element simulations of machining. International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2006. No. 1. Pp. 518–530.

17. Fedorenko M.A., Bondarenko Y.A., Sanina T.M., Markova O.V. Auxiliary machine for machining internal surfaces of large cylindrical type. Eng Technol. 2015. No. 11. Pp. 27–28

18. Duyun T.A. Modeling the stress-strain state of an electric motor collector in order to ensure operational reliability [Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kollektora elektrodvigatelya s tsel'yu obespecheniya nadezhnosti raboty]. Proceedings of higher educational institutions. North Caucasian region. Technical science. 2010. No. 2 (154). Pp. 43–46. (rus)

19. Kudinov V.A., Kartashov E.M., Stefanyuk E.V. Technical thermodynamics and heat transfer [Tekhnicheskaya termodinamika i teplope-redacha]. M.: Yurayt. 2011. 550 p. (rus)

20. Bondarenko J.A., Duyun T.A., Bestuzheva O.V. Investigation of stresses and deformations of ball mill support axles taking into account the temperature field by numerical method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 945(1). No. 012018.

Information about the authors

Hetman, Yuri A. Postgraduate student. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

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

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

Received 20.02.2021

Для цитирования:

Гетьман Ю.А., Погонин А.А., Бондаренко Ю.А. Исследование переходного процесса эксплуатации при контактном взаимодействии барабанной печи и опорных роликов в ANSYSMECHANICAL // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 107–117. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-107-117

For citation:

Getman Yu.A., Pogonin A.A., Bondarenko Yu.A. Study of the transition process of operation in the contact interaction of the rotary kiln and the support rollers in ANSYSMECHANICAL. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 107–117. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-107-117

Научное издание

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 3, 2021 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)

Федеральная служба по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия ПИ №ФС 77-26533 от 07.12.2006

Подписано в печать 29.03.21. Опубликовано 13.05.21. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 13,60. Уч.-изд. л. 14,63

Тираж 40 экз. Заказ 42. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 724/4 Гк.

Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».

Отпечатано в ИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46