

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

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

№ 9, 2018 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова**Главный редактор**

Е.И. Евтушенко, д-р техн. наук, проф.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Зам. главного редактора:

Н.И. Алфимова, канд. техн. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Редакционная коллегия:

А.М. Айзенштадт (САФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск, РФ)

Ю.М. Баженов (НИУ МГСУ, Москва, РФ)

В.С. Богданов (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Деян Благович (Высшая техническая школа по профессиональному образованию в Нише, Ниш, Республика Сербия).

А.Г. Большаков (ИРНИТУ, Иркутск, РФ)

И.Н. Борисов (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

С.М. Братан (СевГУ, Севастополь, РФ)

А.И. Везенцев (НИУ БелГУ, Белгород, РФ)

С.Н. Глаголев (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

П.Г. Грабовый (НИУ МГСУ, Москва, РФ)

А.М. Гридчин (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

А.Н. Давидюк (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, Москва, РФ)

Ю.А. Дорошенко (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Т.А. Дуюн (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

В.Т. Ерофеев (МГУ им. Огарева, Саранск, РФ)

О.Н. Зайцев ((Академии строительства и архитектуры) КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь, РФ)

С.В. Ильвицкая (ГУЗ, Москва, РФ)

А.М. Козлов (ЛПТУ, Липецк, РФ)

С.Н. Леонович (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь)

В.С. Лесовик (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

К.И. Логачев (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

В.С. Мешерин (Дрезденский Технический Университет, Дрезден, Германия)

С.И. Меркулов (КГУ, Курск, РФ)

В.И. Павленко (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Ненад Павлович (Государственный Нишский университет, Ниш, Республика Сербия).

Ю.Е. Пивинский (ООО «Научно-внедренческая фирма «КЕРАМБЕТ-ОГНЕУПОР», РФ, г. Санкт-Петербург)

Е.Э. Потапов (МИРЭА, Москва, РФ)

Л.А. Рыбак (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Л.А. Савин (ОГУ им. И.С. Тургенева, Орел, РФ)

С.В. Семенов (СПбГАСУ, РФ, г. Санкт-Петербург)

Л.А. Сиваченко (Белорусский-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь)

К.Г. Соболев (Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин, Милуоки, США)

Г.А. Смоляго (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

В.В. Строкова (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Е.Е. Тарасова (БУКЭП, РФ, Белгород)

В.А. Уваров (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Ханс-Бертрам Фишер (Баухаус-Университет Ваймар, Веймар, Германия)

С.И. Ханин (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

Н.А. Шаповалов (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

М.В. Шубенков (МАРХИ, Москва, РФ)

А.Г. Юрьев (БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, РФ)

С.Ф. Яцун (ЮЗГУ, Курск, РФ)

Адрес редакции:

308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова 46.

БГТУ им. В.Г. Шухова, оф. 724/4 Гк.

Тел: +7 (4722) 30-99-77

e-mail: VESTNIK@intbel.ru

Официальный сайт журнала:

http://vestnik_rus.bstu.ru

Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov**Chief editor**

E.I. Evtushenko, DSc, Prof.
(BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

Deputy of chief editor

N.I. Alfimova, PhD, Assistant Prof.
(BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

Member of editorial board

A.M. Ayzenshtadt (NArFU named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation)

Y.M. Bazhenov (MGUSU, Moscow, Russian Federation)

V.S. Bogdanov (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

D. Blagoevich (Higher technical school of professional education in Nish, Republic of Serbia)

A.G. Bol'shakov (INRTU, Irkutsk, Russian Federation)

I.N. Borisov (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

S.M. Bratan (SevSU, Stavropol, Russian Federation)

A.I. Vezentsev (BSNRU, Belgorod, Russian Federation)

S.N. Glagolev (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

P.G. Grabovyy (MGUSU, Moscow, Russian Federation)

A.M. Gridchin (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

A.N. Davidyuk (RIRC, Moscow, Russian Federation)

Y.A. Doroshenko (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

T.A. Duyun (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

V.T. Erofeev (MRSU, Saransk, Russian Federation)

O.N. Zaytsev ((Academic Unit) of V.I. Vernadsky CFU, Simferopol, Russian Federation)

S.V. Il'vitskaya (GUZ, Moscow, Russian Federation)

A.M. Kozlov (LSTU, Lipetsk, Russian Federation)

S.N. Leonovich (Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus)

V.S. Lesovik (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

K.I. Logachev (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

V.S. Meshcherin (Technical University of Dresden, Dresden, Germany)

S.I. Merkulov (Kursk State University, Kursk, Russian Federation)

V.I. Pavlenko (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

N. Pavlovich (University of Nish, Nish, Republic of Serbia)

Y.E. Pivinski («KERAMBET-OGNEUPOR», Saint Petersburg, Russian Federation)

E.E. Potapov (MIREA, Moscow, Russian Federation)

L.A. Rybak (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

L.A. Savin (OSU named after I.S. Turgenev, Orel, Russian Federation)

S.V. Sementsov (SPSUACE, Saint Petersburg, Russian Federation)

L.A. Sivachenko (Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus)

K.G. Sobolev (University of Wisconsin-Milwaukee, Milwaukee, USA)

G.A. Smolyago (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

V.V. Strokov (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

E.E. Tarasova (BUCEL, Belgorod, Russian Federation)

V.A. Uvarov (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

H.-B. Fischer (Bauhaus-University of Weimar, Weimar, Germany).

S.I. Khanin (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

N.A. Shapovalov (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

M.V. Shubenkov (MARKHI, Moscow, Russian Federation)

A.G. Yur'yev (BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russian Federation)

S.F. Yatsun (SWSU, Kursk, Russian Federation)

Цели, задачи и редакционная политика журнала

Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата, на соискание ученой степени доктора наук по группам научных специальностей: 05.02.00 – машиностроение и машиноведение; 05.17.00 – химическая технология; 05.23.00 – строительство и архитектура; 08.00.00 – экономические науки.

К рассмотрению и публикации 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.

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).

Purposes, tasks and editorial policy of the journal

Scientific and theoretical journal «Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov» is included in the top list of the leading reviewed scientific magazines and editions in which the main scientific results of theses for a degree of the candidate, for a degree of the doctor of science according scientific specialties groups have to be published: 05.02.00 – machine building and engineering science; 05.17.00 – chemical technology; 05.23.00 – construction and architecture; 08.00.00 – economic sciences.

Scientific articles and reviews concerning 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 results of scientific research in educational activity are accepted to be considered and published.

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

The editorial policy of the magazine is based on basic 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 Committee of scientific publications ethics (COPE).

Address:

46, Kostyukov str., Belgorod, 308012, Russia
BSTU named after V.G. Shukhov, 724/4.

Тел: +7 (4722) 30-99-77

e-mail: VESTNIK@intbel.ru

journal web-site:

http://vestnik_eng.bstu.ru

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Баранова А.А. ВЫСОКОПРОЧНЫЙ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН С МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫМ НАНОИМПРЕГНАТОМ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СОСТАВА	6
Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛЯРНОСТИ ПЛАСТИФИКАТОРА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТА	15
Толстой А.Д., Крымова А.И., Фомина Е.В., Коробков Р.А. ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ САМООРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ В ТЕОРИИ ТВЕРДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ	24
Тур В.И., Карсункин В.В., Тур А.В., Куканов Н.И., Пьянков С.А. КОМПЛЕКСНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ МЕМОРИАЛЬНОГО ЦЕНТРА, СООРУЖЕННОГО В ЧЕСТЬ 100-ЛЕТИЯ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.И. ЛЕНИНА В Г. УЛЬЯНОВСКЕ	30
Коргин А.В., Романец В.А., Ермаков В.А., Зейд Килани Л.З. ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	42
Былин И.П., Храмов Б.А., Бакарас М.В., Кравченко А.С., Корнейчук М.А. ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТВАЛОВ РЫХЛОЙ ВСКРЫШИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗОЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕГИОНЕ КМА	49
Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С. ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ ЦЕХА ВЖС ШЕБЕКИНСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ	55
Шеин В.В. НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА	62
Данилина Н.В., Елистратов Д.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТОРГОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ	68
Перькова М.В. МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ И ПРОТИВОРЕЧИЙ РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	74

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Клименко В.Г., Чернышёв А.З. КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО И ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА	85
Кошельник В.М., Бекназарян Д.В. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКЕ ВАРОЧНОГО БАССЕЙНА СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ	93
Бондаренко Д.О., Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Борисов И.Н., Брагина Л.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКОГО СТЕКЛА НА КИНЕТИКУ ДЕГИДРАТАЦИИ ГИДРАТИРОВАННОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	98

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Вирабян Л.Г., Халапян С.Ю., Кузьмина В.С. ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА ПЛАНАРНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО РОБОТА	106
Остановский А.А., Дровников А.Н., Осипенко Л.А., Маслов Е.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ ДИНАМИЧЕСКОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СИСТЕМЫ «МАЯ» И «МКАД»	114
Поляков А.Н., Парфёнов И.В. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СТАНКАХ	125

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Мебадури З.А., Учаева Т.В., Бурлаков Д.А. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	133
Стрекозова Л.В., Белых Т.В., Варавина Ю.А., Гененко В.Г. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ БЕЛГОРОДСКОГО РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ	139
Леонова О.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИННОВАЦИОННОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО ИНОСТРАННОГО ИСЛАМСКОГО КАПИТАЛА	145
Чижова Е.Н., Сорокина В.Ю., Веснина О.О., Осыченко Е.В. ПРИНЦИПЫ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	152

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Lukuttsova N.P., Pykin A.A., Baranova A.A. HIGH-STRENGTH FINE-GRAINED CONCRETE WITH A MULTICOMPONENT NONIMPREGNATED ALUMINOSILICATE COMPOSITION	6
Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A. INFLUENCE ESTIMATION OF PLASTICIZER POLARITY ON DYNAMIC PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS ON THE BASIS OF ETHYLENE-VINYL ACETATE	15
Tolstoy A.D., Krymova A.I., Fomina E.V., Korobcov R.A. THE APPLICATION OF SYNERGETIC PRINCIPLES SELF-ORGANIZATION SYSTEM IN THE THEORY OF HARDENING BUILDING COMPOSITES	24
Tur V.I., Karsunkin V.V., Tur A.V., Kukanov N.I., Piankov S.A. COMPLEX TECHNICAL INSPECTION OF THE BUILDING OF THE V.I. LENIN'S MEMORIAL CENTER IN ULYANOVSK	30
Korgin A.V., Romanets V.A., Ermakov V.A., Zeyd Kilani L.Z. PROSPECTS AND PROBLEMS OF USING ALUMINUM ALLOYS IN THE CONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE RUSSIAN FEDERATION	42
Bylin I.P., Khramtsov B.A., Bakaras M.V., Kravchenko A.S., Korneychuk M.A. STABILITY CONTROL OF THE UNCONSOLIDATED OVERBURDEN IRON ORE DUMPS PITS IN KMA	49
Serykh I.R., Chernyshova E.V., Degtyar A.N., Chernositova E.S., Chernyshova A.S. THE INDUSTRIAL SAFETY EXPERT REVIEW OF THE VZGS PLANT BUILDING AT THE SHEBEKINO CHEMICAL PLANT WITH THE PURPOSE OF TECHNICAL STATE EVALUATION OF STRUCTURES	55
Shein V.V. DIRECTIONS OF RECONSTRUCTED INDUSTRIAL BUILDINGS TRANSFORMATION ON THE EXAMPLE OF SOUTHERN REGION OBJECTS	62
Danilina N.V., Elistratov D.A. IMPROVEMENT OF URBAN PLANNING SYSTEM METHODS OF SHOPPING SERVICE	68
Perkova M.V. THE METHOD OF IDENTIFICATION AND ALLOWANCE OF TOWN-PLANNING CONFLICTS AND CONTRADICTIONS OF DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF SMALL CITIES OF BELGOROD REGION	74

CHEMICAL TECHNOLOGY

Klimenko V.G., Chernyshev A.Z. COMPOSITE MATERIAL BASED ON MAGNESIA BINDER AND IRON ORE CONCENTRATE	85
Koshelnik V.M., Beknazaryan D.V. TO THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE REFRACTORY MASONRY OF THE MELTING TANK OF THE GLASS FURNACE	93
Bondarenko D.O., Bessmertnyi V.S., Bondarenko N.I., Borisov I.N., Bragina L.L. INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF LIQUID GLASS ON KINETICS OF DEHYDRATION OF HYDRATED PORTLANDCEMENT IN NON-ISOTHERMAL CONDITIONS	98

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Virabyan L.G., Khalapyan S.Y., Kuzmina V.S. OPTIMIZATION OF THE POSITIONING TRAJECTORY OF PLANAR PARALLEL ROBOT OUTPUT LINK	106
Ostanovsky A.A., Drovnikov A.N., Osipenko L.A., Maslov E.V. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF VERTICAL MILLERS OF THE DYNAMIC SELF-MISSING OF THE «MAYA» SYSTEM AND «MKAD»	114
Polyakov A.N., Parfenov I.V. SIMULATION MODELING OF THERMAL PROCESSES IN MACHINE TOOLS	125

ECONOMIC SCIENCE

Mebaduri Z.A., Uchaeva T.V., Burlakov D.A. THE MANAGEMENT OF PRODUCT QUALITY AS THE MAIN FACTOR OF COMPETITIVENESS OF CONSTRUCTION ORGANIZATIONS	133
Strekozova L.V., Belykh T.V., Varavina Y.A., Genenko V.G. FEATURES OF THE BELGOROD REAL ESTATE MARKET DEVELOPMENT	139
Leonova O.V. THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR INNOVATIVE FINANCING ON THE BASE OF PRIVATE FOREIGN ISLAMIC CAPITAL	145
Chizhova E.N., Sorokina V.Yu., Vesnin O.O., Osychenko E.V. PRINCIPLES AND FACTORS OF THE INNOVATIVE ENVIRONMENT FORMATION OF CONSTRUCTION PRODUCTION	152

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_5bab4a1716b568.75074339

Лукутцова Н.П., д-р техн. наук, проф.,

Пыкин А.А., канд. техн. наук, доц.,

Баранова А.А., аспирант

Брянский государственный инженерно-технологический университет

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН С МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫМ НАНОИМПРЕГНАТОМ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СОСТАВА

Исследованы физико-технические характеристики (средняя плотность, прочность на сжатие и скорость ее набора, истираемость, водопоглощение, морозостойкость, усадка) высокопрочного мелкозернистого бетона для быстровозводимых зданий и сооружений, аварийных и ремонтно-восстановительных работ с использованием мультикомпонентного наноимпрегната (пропитывающего состава с содержанием полифункциональных активных нанобъектов), полученного методом кавитационного суспензирования и аппретирования минерального алюмосиликатного компонента пластифицирующе-водоредуцирующими и гидрофобизирующими поверхностно-активными веществами (аппретами). Определены морфология, химический и гранулометрический состав исходного алюмосиликатного компонента, а также показатели размерности (минимальный, средний, максимальный, эффективный диаметр, полидисперсность), агрегативной устойчивости (дзета-потенциал) разработанного наноимпрегната, включающего гексагональные пластинчатые частицы, средний диаметр которых составляет около 50 нм, дзета-потенциал минус 67 мВ, полидисперсность 18 %. Установлено, что наноимпрегнат позволяет получить быстротвердеющий высокопрочный мелкозернистый бетон класса прочности на сжатие В65, марки по истираемости G1, марки по морозостойкости F₁₃₀₀ с пониженной усадкой (в 1,5 раза) и водопоглощением (в 1,7 раза), ускорить набор прочности в ранние (2–7 суток) сроки твердения (в 2,5–2,7 раза). Повышение физико-технических характеристик бетона достигается вследствие направленного комплексного воздействия разработанного наноимпрегната на формирование микроструктуры цементного камня в зоне контакта с заполнителем за счет дополнительного образования уплотняющих и упрочняющих новообразований, идентичных гидроалюминатам и гидросиликатам кальция, перераспределения пористости цементной матрицы в сторону увеличения количества мезопор диаметром в интервале от 3 до 33 нм при снижении общего объема пор в 1,5 раза.

Ключевые слова: высокопрочный мелкозернистый бетон, физико-технические характеристики, мультикомпонентный наноимпрегнат, кавитационное суспензирование, аппретирование, микроструктура цементного камня, макро- и мезопоры.

Введение. Применение высокопрочных мелкозернистых бетонов (МЗБ) класса прочности на сжатие В60 и выше соответствует задачам стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года по расширению отечественных, энерго- и ресурсосберегающих технологий и способов повышения качества и долговечности железобетонных изделий и конструкций, в том числе при строительстве быстровозводимых монолитных и сборно-монолитных зданий и сооружений, а также при выполнении аварийных и ремонтно-восстановительных работ.

Обладая однородностью и мелкозернистостью макроструктуры, мелкозернистый бетон, по сравнению с традиционным крупнозернистым бетоном, характеризуется следующими технико-экономическими преимуществами: возможностью создания высококачественной микро- и

наноструктуры; повышенной тиксотропией и способностью к эффективной модификации микро- и нанодисперсными добавками; высокой технологичностью (формуемостью, уплотняемостью различными методами: литья, экструзии, прессования, штампования, набрызга и др.); легкой транспортируемостью, в том числе по трубопроводам; возможностью получения новых архитектурно-конструкционных решений (тонкостенные и слоистые конструкции, изделия переменной плотности, гибридные конструкции) и применения местных сырьевых материалов природного и техногенного происхождения; более низкой себестоимостью. Однако широкое применение МЗБ сдерживает ряд существенных недостатков: повышенные расход цемента, макропористость, усадка и ползучесть, пониженный модуль упругости, а также потребность в дефицитных высококачественных крупных и мелких пес-

ках рационального гранулометрического состава, содержащих минимальное количество глинистых и пылевидных примесей [1].

Получение высокопрочных МЗБ можно достичь различными приемами: снижение водопотребности гипер- и суперпластификаторами нового поколения на основе поликарбоксилатов и полиакрилатов [2, 3]; создание системы замкнутых пор воздухововлекающими и газообразующими добавками; снижение макропористости кольматирующими добавками; придание водоотталкивающих свойств гидрофобизаторами; химическая (поверхностно-активными веществами и электролитами), механическая (электрическими, магнитными, ультразвуковыми и др.), комбинированная (механо-, плазмо-, электрохимическими и др.) активация компонентов бетонной смеси, в частности воды затворения [4]; введение микронаполнителей в виде модифицированных природных и техногенных песков, композиционных вяжущих на их основе [5, 6], а также углеродных, силикатных, алюмосиликатных, металлооксидных [7] и комплексных наномодификаторов [8] цементной матрицы; дисперсное армирование структуры бетона фиброй [9, 10] и волокнистыми [11] наноматериалами (углеродными, галлуазитовыми и биосилифицированными [12] нанотрубками, диспергированными волластонитом, серпентинитом и др.).

Среди современных эффективных способов модифицирования цементных бетонов, в том числе МЗБ, большой научно-практический интерес представляет импрегнирование (пропитывание) их поровой структуры различными пропитывающими [13, 14] составами (упрочняющими, водоотталкивающими, обеспыливающими, окрашивающими).

Целью данной работы является исследование физико-технических характеристик высокопрочного МЗБ для быстровозводимых зданий и сооружений, аварийных и ремонтно-восстановительных работ с использованием мультикомпонентного наноимпрегната алюмосиликатного состава.

Методика. В исследованиях применялись следующие методы: рентгенофлуоресцентная спектроскопия на спектрометре ARL 9900 XP, лазерная гранулометрия на анализаторе Analysette 22 NanoTec plus (химический и гранулометрический состав алюмосиликатного компонента наноимпрегната); фотонно-корреляционная спектроскопия, электрофоретическое светорассеяние на анализаторе ZetaPlus с системой 90Plus/Bi-MAS (показатели размерности и агрегативной устойчивости частиц наноимпрегната); электронная микроскопия на растровом микро-

скопе TESCAN MIRA 3 LMU (морфология частиц алюмосиликатного компонента и наноимпрегната на его основе, микроструктура цементного камня в контактной зоне с заполнителем); азотная порометрия на приборе Sorbi-M (распределение пор по размерам в цементном камне относительно их общего объема).

Для получения наноимпрегната использовались алюмосиликатный компонент, вода, пластифицирующе-водоредуцирующий и гидрофобизирующий аппреты: смесь натриевых солей полиметиленнафталинсульфофосфорной кислоты, соль натрия и олеиновой кислоты соответственно.

Алюмосиликатным компонентом служил метакраин ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) – дисперсный материал, содержащий аморфные модификации оксида алюминия и оксида кремния, получаемый после специальной термической обработки и помола краина, следующего химического состава (% по массе): SiO_2 – 42,83; Al_2O_3 – 50,61; Fe_2O_3 – 1,89; CaO – 0,15; $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ – 0,72; MgO – 0,96; SO_3 – 0,32; Cl – 0,04; прочее – 2,48.

Морфология частиц метакраина представлена наличием отдельных микродисперсных частиц и их агрегатов угловатой формы, а также столбчатых конгломератов, состоящих из спаянных гексагональных пластинок толщиной менее 50 нм (рис. 1, а). Средний диаметр частиц равен 14 мкм. Доля частиц в диапазоне 0,01–0,1 мкм составляет 0,5 %; 0,1–0,5 мкм – 2,7 %; 0,5–1 мкм – 4,7 %; 1–10 мкм – 53,4 %; 10–100 мкм – 38,7 % (рис. 1, б).

Получение наноимпрегната осуществлялось в ультразвуковом механоактиваторе ПСБ-4035-04 и заключалось в кавитационном суспензировании исходного метакраина в водной среде при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и частоте ультразвука 35 кГц с последующим введением пластифицирующе-водоредуцирующего и гидрофобизирующего аппретов.

Для определения эффективности действия, разработанного наноимпрегната на физико-технические характеристики МЗБ применялись стандартные методы испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ 31914-2012 «Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества», ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые Технические условия».

В качестве сырьевых материалов для приготовления бетонных смесей МЗБ применялись:

- нормальнотвердеющий бездобавочный портландцемент класса ЦЕМ I 52,5Н ГОСТ 31108-2016 (ОАО «Белорусский цементный завод», республика Беларусь, Могилевская обл., г. Костюковичи). Химический состав (% по массе): CaO – 66,2; SiO_2 – 21,71; Al_2O_3 – 5,27; Fe_2O_3 –

3,74; MgO – 1,3; SO₃ – 2,1; (Na₂O + K₂O) – 0,65. Минеральный состав (% по массе): C₃S – 60,55; C₂S – 16,59; C₃A – 7,63; C₄AF – 11,38. Удельная поверхность – 364 м²/кг. Нормальная густота – 27 %. Сроки схватывания: начало – 3 ч 25 мин, конец – 4 ч 25 мин;

- природный кварцевый фракционированный песок с содержанием 65 % (по массе) смеси фракций (0,63-1,25) мм и (1,25-2,5) мм, 35 % фракции (0,16-0,315) мм;
- вода затворения.

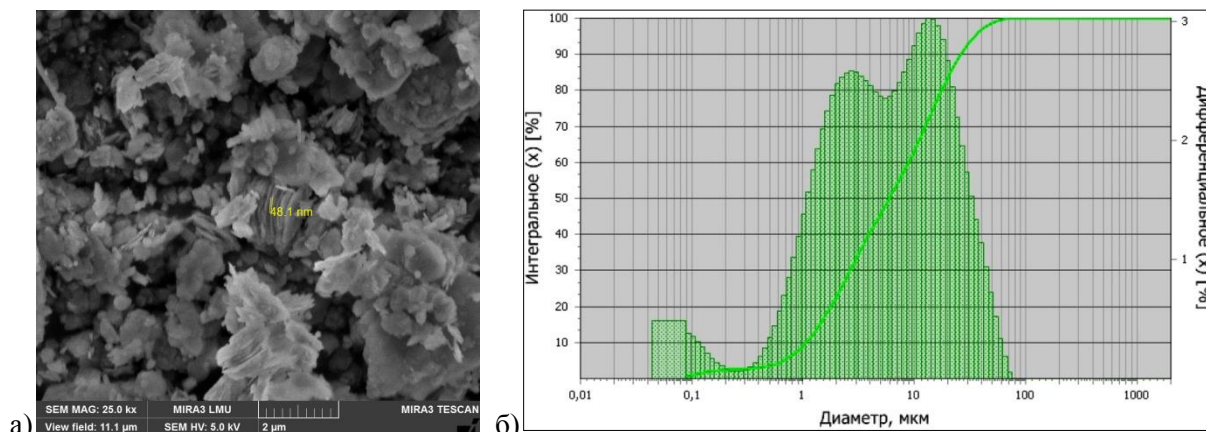


Рис. 1. Морфология (а) и гранулометрический состав (б) частиц исходного метакАОлина

Бетонные смеси приготавливались следующим образом: **пропитывание** портландцемента наноимпрегнатом, вводимого в виде готовой суспензии в количестве 0,05 % (в пересчете на сухое вещество) от массы вяжущего вместе с расчетным объемом воды затворения; добавление песка, взятого в массовом соотношении с цементом 3:1, и тщательное перемешивание массы до однородной смеси.

Испытание контрольных и модифицированных образцов МЗБ проводилось через 2, 7 и 28 суток нормального твердения. Средняя плотность, прочность, водопоглощение и морозостойкость определялись по стандартным методикам на образцах-кубах размерами 10×10×10 см, усадка – на образцах-балочках размерами 4×4×16 см (с использованием прибора **62-L0035/A** для измерения линейной усадки), истираемость – на образцах-кубах размерами 7×7×7 см (с помощью круга истирания ЛКИ-3).

Морозостойкость образцов оценивалась по изменению прочности на сжатие после многократного замораживания и оттаивания ускоренным (вторым) методом (среда насыщения – 5 % водный раствор NaCl; среда и температура замораживания – воздушная, минус (18 ± 2) °C; среда и температура оттаивания – 5 % водный раствор NaCl, (20 ± 2) °C).

Основная часть. Результаты электронной микроскопии показали, что кавитационное суспензирование метакАОлина способствует эрозии его микрочастиц и агрегатов вплоть до нанодиапазона, а также расщеплению нанотолщинных гексагональных пластинок, содержащихся в столбчатых конгломератах (рис. 2).

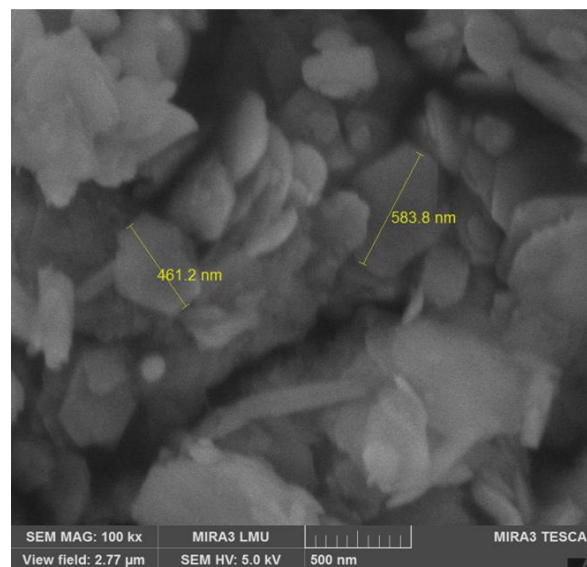


Рис. 2. Морфология частиц метакАОлина после кавитационного суспензирования

По данным фотонно-корреляционной спектроскопии и электрофоретического светорассеяния установлено, что кавитационное суспензирование метакАОлина без введения аппретов приводит к образованию агрегативно-неустойчивой суспензии, поскольку среднее значение дзета-потенциала ее частиц (минус 5 мВ) ниже критического (минус 30 мВ), в то время как для стабильной системы величина дзета-потенциала колеблется в интервале $\pm (30-70)$ мВ [15].

Последующее аппретирование частиц метакАОлина используемыми пластифицирующе-водоредуцирующим и гидрофобизирующим поверхностно-активными веществами приводит к повышению среднего значения дзета-потенциала

более чем в 13 раз и снижению среднего диаметра в 11 раз (табл. 1). Результаты испытаний (табл. 2) показали, что введение наноимпрегната способствует повышению физико-технических характеристик мелкозернистого бетона:

- ускорению набора прочности на сжатие в ранние (2–7 суток) сроки твердения (в 2,5–2,7

раза);

- повышению проектной (марочной) прочности на сжатие (в 2,2 раза) и морозостойкости (в 2,5 раза);

- снижению водопоглощения (в 1,7 раза), усадки (в 1,5 раза) и истираемости (в 2,2 раза).

Таблица 1

Показатели размерности и устойчивости частиц метакАОлина после кавитационного суспензирования

Диаметр частиц, нм				Полидисперсность, %	Дзета-потенциал, мВ
минимальный	максимальный	средний	эффективный		
Без аппретов					
81	835	594	580	23	минус 5
С аппретами					
25	392	53	210	18	минус 67

В соответствии с ГОСТ 25192-2012 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» образцы МЗБ с наноимпрегнатом по скорости набора прочности являются быстротвердеющими, поскольку отношение значений прочности

на сжатие в возрасте 2 суток к 28 суткам ($R_{сж}^2/R_{сж}^{28}$) составляет 0,43, а образцы МЗБ контрольного состава – медленнотвердеющими ($R_{сж}^2/R_{сж}^{28} = 0,38$).

Таблица 2

Физико-технические характеристики мелкозернистого бетона

Наименование показателя, единица измерения	Состав МЗБ	
	контрольный	с наноимпрегнатом
Средняя плотность, кг/м ³	2345	2352
Прочность на сжатие, МПа, в возрасте:		
2 суток	15,1	37,3
7 суток	24,5	65,8
28 суток	39,7	86,4
Класс прочности на сжатие	B30	B65
Истираемость, г/см ²	0,82	0,37
Марка по истираемости	G2	G1
Водопоглощение, %	3,6	2,1
Морозостойкость по ускоренному (второму) методу, циклы	30	75
Марка по морозостойкости	F ₁₅₀	F ₃₀₀
Усадка, мм/м	0,77	0,52

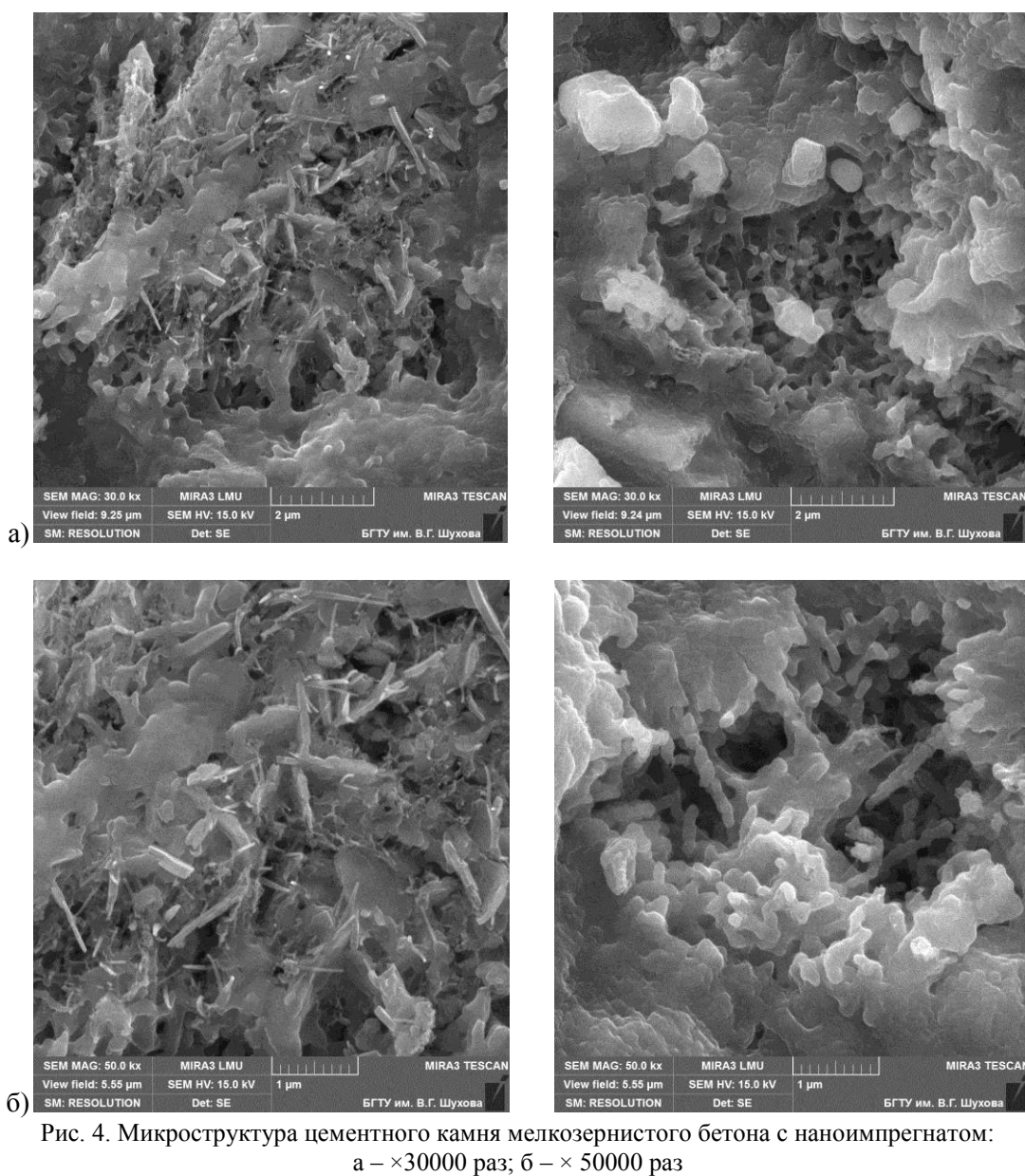
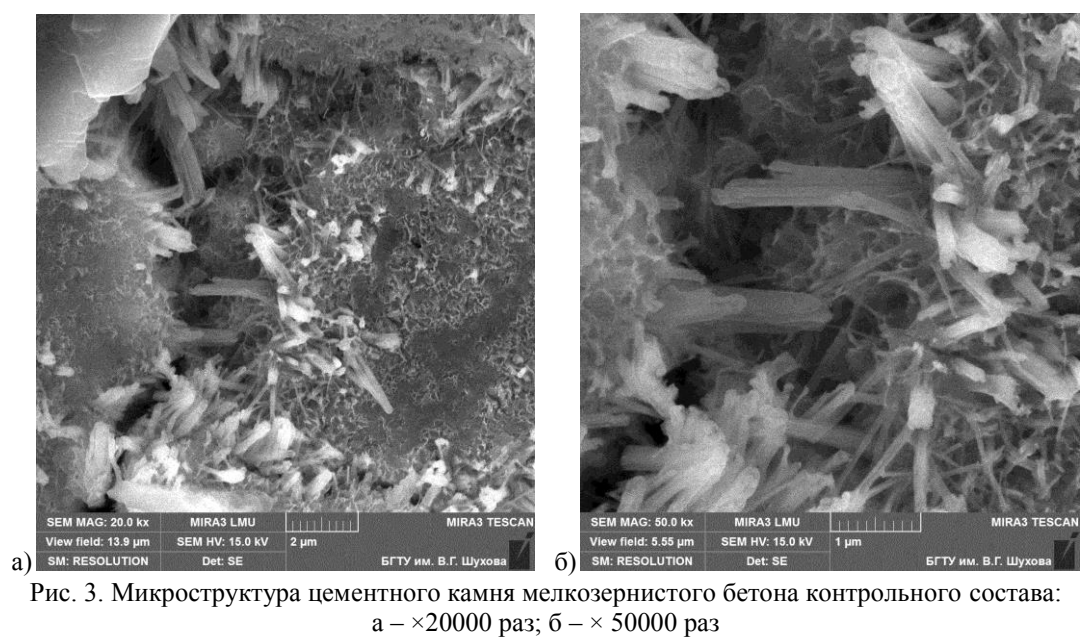
Для установления механизма влияния наноимпрегната на физико-технические характеристики МЗБ было проведено электронно-микроскопическое и порометрическое исследование микроструктуры цементного камня (ЦК), взятого из зон контакта с зернами песка в контрольных и модифицированных образцах бетона.

Выявлено, что ЦК контрольного состава характеризуется крупнокристаллической микроструктурой с наличием микротрещин в плоскостях спаянности гидратных новообразований и волокон разной морфологии, идентичных этрингиту и гидросиликатам кальция (рис. 3).

Образцы ЦК, модифицированные наноимпрегнатом, представлены

мелкокристаллической микроструктурой с содержанием в порах плотно сросшихся пластинчатых и волокнисто-цепочечных кристаллов, идентичных гидроалюминатам и гидросиликатам кальция (рис. 4).

Результаты азотной порометрии показали, что общий объем пор в ЦК контрольного состава равен $3 \cdot 10^{-3}$ см³/г. При этом распределение пор относительно их общего объема выглядит следующим образом: 27 % ($0,81 \cdot 10^{-3}$ см³/г) составляют макропоры (согласно классификации IUPAC) диаметром около 142 нм; 34 % ($1,02 \cdot 10^{-3}$ см³/г) и 39 % ($1,17 \cdot 10^{-3}$ см³/г) мезопоры диаметром около 33 нм и 15 нм соответственно (рис. 5).



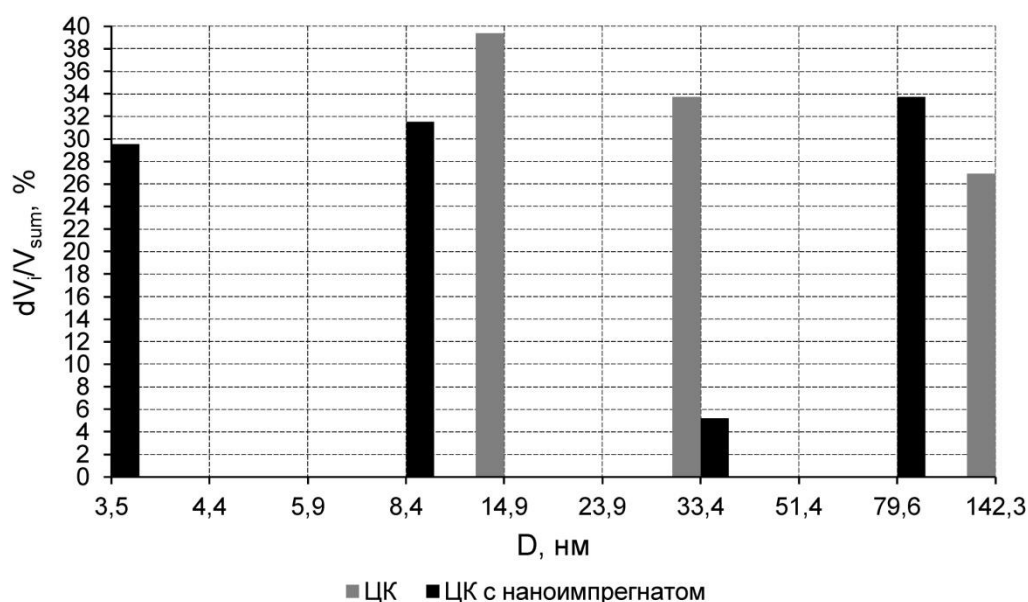


Рис. 5. Распределение пор по размерам в цементном камне мелкозернистого бетона относительно их общего объема

В то же время, ЦК с наноимпрегнатом характеризуется содержанием пор общим объемом $2 \cdot 10^{-3}$ см³/г, из которых 34 % ($0,68 \cdot 10^{-3}$ см³/г) приходится на долю макропор диаметром около 80 нм; 5 % ($0,1 \cdot 10^{-3}$ см³/г), 32 % ($0,64 \cdot 10^{-3}$ см³/г) и 29 % ($0,58 \cdot 10^{-3}$ см³/г) – на долю мезопор диаметром около 33 нм, 8 нм и 3 нм соответственно.

Выводы. В ходе проведения исследований обоснована возможность повышения физико-технических характеристик высокопрочного мелкозернистого бетона для быстровозводимых зданий и сооружений, аварийных и ремонтно-восстановительных работ за счет введения мультикомпонентного наноимпрегната алюмосиликатного состава в виде агрегативно-устойчивой суспензии с содержанием частиц средним диаметром около 50 нм и дзета-потенциалом минус 67 мВ, разработанного методом кавитационного суспензирования и аппретирования метаксаолина пластифицирующе-водоредуцирующим и гидрофобизирующим поверхностно-активными веществами. Установлено, что наноимпрегнат позволяет получить быстротвердеющий высокопрочный мелкозернистый бетон класса прочности на сжатие В65, марки по истираемости G1, марки по морозостойкости F₁₃₀₀ с пониженной усадкой (в 1,5 раза) и водопоглощением (в 1,7 раза), ускорить набор прочности в ранние (2–7 суток) сроки твердения (в 2,5–2,7 раза). Механизм влияния наноимпрегната на свойства бетона связан с дополнительным образованием в цементном камне в зоне контакта с заполнителем уплотняющих и упрочняющих новообразований, идентичных гидроалюминатам и гидросиликатам кальция, а также перераспределения пористости цементной матрицы в сторону увеличения количества

мезопор диаметром в интервале от 3 до 33 нм при снижении общего объема пор от $3 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ см³/г (в 1,5 раза).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Л.И., Житковский В.В. Высокопрочные мелкозернистые бетоны с использованием гранитных отсеков // Технологии бетонов. 2017. № 5-6 (130131). С. 21–25.
2. Ларсен О.А., Дятлов А.К. Повышение эффективности мелкозернистых бетонов добавками поликарбоксилатных пластификаторов для монолитного домостроения // Технологии бетонов. 2013. № 10 (87). С. 14–15.
3. Щепочкина Ю.А., Каракотенко-Любимов А.И. Мелкозернистый бетон с включением добавки полиакрилата натрия // Информационная среда вуза. 2017. № 1 (1). С. 416–418.
4. Федосов С.В., Акулова М.В., Слизна Т.Е. Изучение закономерностей структурообразования в цементном камне на механо-магнито-активированной воде с добавкой ПВА // Academia. Архитектура и строительство. 2017. № 2. С. 117–122.
5. Лесовик Р.В. К выбору техногенных песков для получения композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов // Технологии бетонов. 2015. № 1-2. С. 60–63.
6. Алфимова Н.И., Ковальченко О.В., Калатоши В.В. Мелкозернистые бетоны и композиционные вяжущие на техногенном сырье. Комплексное использование техногенного сырья. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT, 2017. 137 с.
7. Lukutsova N.P., Pashayan A.A., Khomyakova E.N., Suleymanova L.A., Kleymenicheva Yu.A. The use of additives based on industrial wastes

for concrete // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. № 11. Pp. 7566–7570.

8. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов. Москва: Изд-во МГСУ, 2013. 204 с.

9. Nizina T.A., Balykov A.S., Volodin V.V., Korovkin D.I. Fiber fine-grained concretes with polyfunctional modifying additives // Magazine of Civil Engineering. 2017. №. 4. Pp. 73–83. DOI: 10.18720/MCE.72.9.

10. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Казлитина О.В., Сопин Д.М., Митрохин А.А. К вопросу об оптимизации структуры высокопрочного фибробетона за счет использования нанодисперсного модификатора // Вестник ВСГУТУ. 2017. № 4 (67). С. 64–70.

11. Нуртдинов М.Р., Соловьев В.Г., Бурьянов А.Ф. Мелкозернистые бетоны, модифицированные нановолокнами $AlOOH$ и Al_2O_3 // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 68–71.

12. Lukutsova N.P., Ustinov A.G. Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. №. 19. Pp. 40457–40460.

13. Янахметов М.Р., Чуйкин А.Е., Массалимов И.А. Модифицирование поровой структуры цементных бетонов пропиткой серосодержащими растворами // Нанотехнологии в строительстве. 2015. Т. 7. № 1. С. 63–72. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2015-7-1-63-72.

14. Строкова В.В., Огурцова Ю.Н., Боцман Л.Н. Эпикристаллизационное модифицирование строительных композитов различного функционального назначения с использованием гранулированного наноструктурирующего заполнителя // Нанотехнологии в строительстве. 2016. Т. 8. № 5. С. 42–59. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-5-42-59.

15. Lukutsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin // Glass and Ceramics. 2015. № 11-12. Pp. 383–386.

Информация об авторах

Лукутцова Наталья Петровна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства строительных конструкций.

E-mail: natluk58@mail.ru

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Россия, 241037, Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

Пыкин Алексей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных конструкций.

E-mail: alexem87@yandex.ru

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Россия, 241037, Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

Баранова Алена Александровна, аспирант кафедры производства строительных конструкций.

E-mail: aly-spodenejko@yandex.ru

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Россия, 241037, Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

Поступила в июне 2018 г.

© Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Баранова А.А., 2018

Lukutsova N.P., Pykin A.A., Baranova A.A.

HIGH-STRENGTH FINE-GRAINED CONCRETE WITH A MULTICOMPONENT NONIMPREGNATED ALUMINOSILICATE COMPOSITION

The physical and technical characteristics (average density, compressive strength and speed of its set, abrasion, water absorption, frost resistance, shrinkage) of high-strength fine-grained concrete for prefabricated buildings and structures, emergency and repair works with the use of multi-component nanoimpregnate (impregnating composition containing multifunctional active nanoobjects) are studied, obtained by the method of cavitation of the suspension and appreciable aluminosilicate mineral component by plasticizing admixtures-water-reducing and water-repellent surface-active substances (coupling agents). The morphology, chemical and granulometric composition of the initial aluminosilicate component, as well as the parameters of dimension (minimum, average, maximum, effective diameter, polydispersity), aggregate stability (Zeta potential) of the developed nanoimpregnate, including hexagonal plate particles, the average diameter of which is about 50 nm, Zeta potential minus 67 mV, polydispersity 18 %. It is established that nanoimprint allows you to fast-hardening high-strength fine-grained concrete class compressive strength V65, marks of abrasion G1,

brand F1300-frost resistant with low shrinkage (1.5 times) and water (1.7 times), to accelerate strength development at an early (2–7 days) time of setting (2.5–2.7 times). The increase in the physical and technical characteristics of concrete is achieved due to the directed complex effect of the developed nanoimpregnate on the formation of the microstructure of cement stone in the contact zone with the filler due to the additional formation of compacting and strengthening tumors identical to hydroaluminates and calcium hydrosilicates, redistribution of the porosity of the cement matrix in the direction of increasing the number of mesopores with a diameter in the range from 3 to 33 nm with a decrease in the total pore volume by 1.5 times.

Keywords: high-strength fine-grained concrete, physical and technical characteristics, the multicomponent nanoimprint, cavitation suspension, the dressing of the cement stone microstructure, macro - and mesopore.

REFERENCES

1. Dvorkin L.I., Zhitkovsky V.V. High-strength fine-grained concrete with the use of granite screenings. *Concrete Technologies*, 2017, no. 5-6 (130131), pp. 21–25.
2. Larsen O.A., Dyatlov A.K. Improving the efficiency of fine-grained concrete by polycarboxylated plasticizers for monolithic house-building. *Concrete Technologies*, 2013, no. 10 (87), pp. 14–15.
3. Shchepochkina Yu.A., Karakotenko-Lyubimov A.I. Fine-grained concrete with the inclusion of the additive of sodium polyacrylate. The information environment of the University, 2017, no. 1 (1), pp. 416–418.
4. Fedosov S.V., Akulova M.B., Slizneva T.E. Research of regularity of a structure formation in the cement stone mixed by the mechanoactivated water with the polyvinyl acetate admixture, 2017, no. 2, pp. 117–122.
5. Lesovik R.V. To the choice of man-made sand to obtain a composite binders and fine-grained concretes. *Concrete Technologies*, 2015, no. 1-2, pp. 60–63.
6. Alfimova N.I., Koval'chenko O.V., Kalatozi V.V. Fine-grained concrete and composite binders, technogenic raw materials. Complex use of technogenic raw materials: monograph. Saarbrücken: LAP LAMBERT. 2017, 137 p.
7. Lukutsova N.P., Pashayan A.A., Khomyakova E.N., Suleymanova L.A., Kleymenicheva Yu.A. The use of additives based on industrial wastes for concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016, no. 11, pp. 7566–7570.
8. Bazhenov Yu.M., Alimov L.A., Voronin V.V. Structure and properties of concrete with nanomodifiers based on technogenic waste: monograph. Moscow: MGSU, 2013, 204 p.
9. Nizina T.A., Balykov A.S., Volodin V.V., Korovkin D.I. Fiber fine-grained concretes with polyfunctional modifying additives. *Magazine of Civil Engineering*, 2017, no. 4, pp. 73–83. DOI: 10.18720/MCE.72.9.
10. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Kazlitina O.V., Sopin D.M., Mitrochin A.A. Revisiting the structure optimization of high strength fiber concrete through the use of nanodisperse modifier. *Bulletin of ESSUTM*, 2017, no. 4 (67), pp. 64–70.
11. Nurtdinov R.M., Soloviev V.G., Buryanov A.F. Fine Concretes Modified with AlOOH and Al₂O₃ Nanofibers. *Building materials*, 2015, no. 2, pp. 68–71.
12. Lukutsova N.P., Ustinov A.G. Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 19, pp. 40457–40460.
13. Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Massalimov I.A. Pore structure modification of cement concretes by impregnation with sulfur-containing compounds. *Nanotechnologies in Construction*, 2015, vol. 7, no. 1, pp. 63–72. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2015-7-1-63-72.
14. Strokova V.V., Ogurtsova Y.N., Botsman L.N. Epicrystal modification of construction composites of different purpose with application of granulated nanostructured aggregate. *Nanotechnologies in Construction*, 2016, vol. 8, no. 5, pp. 42–59. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-5-42-59.
15. Lukutsova N.P., Pykin A.A. Stability of nanodisperse additives based on metakaolin. *Glass and Ceramics*, 2015, no. 11–12, pp. 383–386.

Information about the author

Natalya P. Lukutsova, DSc, Professor.

E-mail: natluk58@mail.ru

Bryansk Technological University of Engineering.
Russia, 241037, Bryansk, st. Stanke Dimitrova, 3.

Alexey A. Pykin, PhD, Assistant professor.

E-mail: alexem87@yandex.ru

Bryansk Technological University of Engineering.
Russia, 241037, Bryansk, st. Stanke Dimitrova, 3.

Alena A. Baranova, Postgraduate student.
E-mail: aly-spodenejko@yandex.ru
Bryansk Technological University of Engineering.
Russia, 241037, Bryansk, st. Stanke Dimitrova, 3.

Received in June 2018

Для цитирования:

Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Баранова А.А. Высокопрочный мелкозернистый бетон с мультикомпонентным наноимпрегнатом алюмосиликатного состава // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 6–14. DOI: 10.12737/article_5bab4a1716b568.75074339

For citation:

Lukuttsova N.P., Pykin A.A., Baranova A.A. High-strength fine-grained concrete with a multicomponent nonimpregnated aluminosilicate composition. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 6–14. DOI: 10.12737/article_5bab4a1716b568.75074339

¹Волоцкой А.Н., аспирант,¹Юркин Ю.В., канд. техн. наук,²Черкасов В.Д., д-р техн. наук, проф.,¹Авдонин В.В., канд. техн. наук,¹Мансурова И.А., канд. техн. наук, доц.¹Вятский государственный университет²Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛЯРНОСТИ ПЛАСТИФИКАТОРА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТА

Данная работа посвящена проблеме разработки вибропоглощающих полимерных материалов, эффективных в широком температурно-частотном диапазоне. В связи с тем, что эффективность демпфирования колебаний в композите главным образом определяется свойствами полимерной матрицы, изучение ее свойств в зависимости от типа и количества структурообразующих параметров является актуальной задачей. Цель статьи заключается в определении изменений динамических свойств этиленвинилацетата при добавлении в него пластификаторов различной полярности и концентрации. Ведущим методом к исследованию данной проблемы является метод динамического механического анализа, позволяющий получить информацию об изменении механических характеристик под действием динамической нагрузки и контролируемой температуры и частоты. С помощью выявленных закономерностей удалось определить тип пластификатора, существенно снижающего температуру стеклования этиленвинилацетата. Установлено процентное соотношение системы этиленвинилацетат/пластификатор и, соответственно выявлен тип пластификатора, при котором максимум механических потерь принимает наибольшие значения. Определена степень полярности пластификатора, при которой эффективность пластификатора на этиленвинилацетат наибольшая. Полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования динамических механических свойств композитов.

Ключевые слова: этиленвинилацетат, диоктилфталат, хлорпарафин, индустриальное масло, модуль упругости, тангенс угла механических потерь, температура.

Введение. Современное развитие техники и технологии негативно влияет на окружающую нас биосферу. Одним из негативных факторов является увеличение вибрационной нагрузки. Данная проблема наиболее остро стоит в авто-, авиа-, судо-, вагоно-, машиностроении и строительстве. Для снижения уровня воздействия вибрации наиболее целесообразно применение современных полимерных композиционных материалов, эффективно работающих в широком температурном диапазоне. Эффективность вибропоглощения вне зависимости от природы источников энергетических потерь оценивается следующими динамическими механическими характеристиками: тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta$, коэффициент потерь η , логарифмический декремент колебаний δ , относительное рассеяние или коэффициент поглощения ψ . Все эти характеристики связаны между собой следующим соотношением:

$$\operatorname{tg} \delta = \eta = \frac{E''}{E'} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{\psi}{2\pi} \quad (1)$$

где E'' – модуль потерь материала, МПа; E' – модуль накопления или динамический модуль упругости материала, МПа.

Разработка полимерных композиционных материалов с высокими вибропоглощающими свойствами является актуальной проблемой современного материаловедения. Одним из эффективных способов разработки таких материалов является использование аналитических моделей, которые позволяют предсказать свойства будущего материала, тем самым сократив расходы на экспериментальные исследования. Независимо от принятого метода прогнозирования, полученные аналитические зависимости должны позволить связать динамические свойства композита со свойствами отдельных его компонентов и параметрами образующейся структуры. Известно, что в вибропоглощающих композиционных материалах, как правило, одна компонента ответственна за вибропоглощающие свойства, вторая является упрочняющей [1]. На уровне макроструктуры, при упругом недиссипативном наполнителе, потери в композите обусловлены в основном рассеянием энергии в матрице, а на уровне микроструктуры – рассеянием энергии в полимерном вяжущем [1]. Следовательно, эффективность демпфирования колебаний в композите главным образом определяется

свойствами полимера. На эти свойства значительное влияние оказывает пластификатор, который добавляют к полимеру для снижения вязкости и улучшения обрабатываемости. Пластификаторы снижают силы сцепления между полимерными цепями и, следовательно, повышают гибкость цепей [2–4]. Влияние взаимодействия пластификатор-полимер на динамические свойства изменяется от полимера к полимеру и от пластификатора к пластификатору. Поэтому большое внимание всегда уделяется анализу и выбору подходящего пластификатора для каждого полимера. Таким образом, для прогнозирования демпфирующих свойств полимерных композиционных материалов необходимы экспериментальные данные о свойствах матрицы, состоящей из базового полимера и пластификатора. Несмотря на большое число работ по оценке влияния пластификаторов на динамические свойства полимеров [2–8] во всех из них исследования проводятся на наполненных композитах, тем самым исключая возможность применения полученных зависимостей для прогнозирования.

Данная работа посвящена исследованию динамических свойств в широком диапазоне темпе-

ратур (-80°C до $+40^{\circ}\text{C}$) бинарных смесей этиленвинилацетата (ЭВА) с пластификатором различного типа (диоктилфталат, хлорированный парафин, масло индустриальное). Такой подход позволит оценить влияние типа и количества пластификатора на ЭВА, исключив при этом влияние прочих компонент композита. Кроме того, полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования.

Методика. В настоящей работе в качестве полимерной основы был использован этиленвинилацетат марки LG EVA ES 28005 (LG Chem, Южная Корея), содержание винилацетатных звеньев составляет 28 %.

В роли пластификатора при изготовлении экспериментальных образцов выступали различные материалы: диоктилфталат (ДОФ) ГОСТ 8728-88 (BINA Group, Россия); хлорпарафин ХП-470 (ХП) ТУ 2493-379-05763441-2002 (ВитаХим, Россия); масло индустриальное И-40 (МИ) ГОСТ 20799-88. Объемное содержание этиленвинилацетат/пластификатор – 80/20; 60/40.

Составы и марки исследуемых композитов в процентном содержании компонентов по объему приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы и марки исследуемых композитов

Марка смеси	Полимер	Пластификатор		
	ЭВА	МИ	ДОФ	ХП
E100	100	-	-	-
EM2	80	20	-	-
EM4	60	40	-	-
ED2	80	-	20	-
ED4	60	-	40	-
EX2	80	-	-	20
EX4	60	-	-	40

Для перевода объемных долей в массовые части использовали следующие значения истинной плотности материалов: ЭВА – $0,931\text{ г/см}^3$; МИ – $0,900\text{ г/см}^3$; ДОФ – $0,984\text{ г/см}^3$; ХП – $1,235\text{ г/см}^3$.

Полимерные смеси изготавливали при помощи лабораторного смесителя периодического действия с тангенциальными роторами. Первоначально перемешивали полимер при температуре 120°C при числе оборотов 44 об/мин в течение 10 минут. Далее полимер совмещали с пластификатором при аналогичных параметрах смешения. Полученную смесь затем раскатывали на вальцах до получения материала в виде листов толщиной 2 мм.

Для получения динамических свойств исследуемых композитов применяли динамический механический анализ (ДМА). ДМА эксперимен-

тальных образцов в виде диска толщиной и диаметром 2 мм был выполнен с использованием прибора Netzsch DMA 242 C. Динамический модуль упругости и тангенс угла механических потерь определяли в диапазоне температур от -80°C до $+40^{\circ}\text{C}$ при частоте 1 Гц, 10 Гц.

Основная часть. Зависимости тангенса угла механических потерь ($\tan\delta$) и динамического модуля упругости (E') ЭВА от типа пластификатора с объемным содержанием ЭВА/пластификатор 80/20 при разных частотах показаны на рис. 1–2.

Этиленвинилацетат представляет собой сополимер этилена и винилацетата. Полярные винилацетатные звенья случайным образом располагаются по длине макромолекул. С ростом содержания винилацетатных звеньев в цепях увеличивается полярность макромолекул, интенсивность внутри- и межмолекулярных взаимодействий. Это отражается увеличением значения

тангенса угла механических потерь в полимере в ходе циклического деформирования [10, 11, 12]. Таким образом, этиленвинилацетат с 28 % содержанием винилацетатных звеньев можно отнести к средне полярным каучукам.

Положение максимума тангенса угла механических потерь не пластифицированного ЭВА (Е100) с содержанием винилацетатных звеньев 28 % соответствует температуре стеклования -34°C (частота 1 Гц), при этом величина тангенса угла механических потерь составляет 0,374 (см. рис.1 а).

Эффективность действия пластификаторов определяется степенью совместимости с полимером. В данном случае важную роль играет полярность полимера и пластификатора. Как правило «полярное» растворяется в «полярном», и наоборот «неполярное» в «неполярном» [24]. Используемые в данной работе пластификаторы имеют

различную полярность. ДОФ и ХП относятся к полярным пластификаторам за счет содержания в своей структуре кислорода и хлора соответственно [13]. МИ относится к нефтяным маслам. Полярность нефтяного масла зависит от того, какая фракция в нем преобладает: алкановая, нафтенная или ароматическая. В структуру молекулы нефтяного масла могут входить парафины, предельные циклические углеводороды (нафены), ароматические углеводороды [14]. Из таблицы 2 видно, что в масле И-40А доминирует алкановая фракция, поэтому данный пластификатор можно отнести к парафиновым нефтяным маслам. По данным [14] парафиновые масла имеют самую низкую полярность среди нефтяных масел. Таким образом, индустриальное масло И-40А относится к слабополярным пластификаторам по сравнению с ДОФ и ХП.

Таблица 2

Структура молекулы индустриального масла И-40А [15]

Показатель	И-40А
Спарафиновых, об. %	80,0
Сароматических, об. %	20,0
Снепредельных, об. %	0,0

Степень полярности веществ количественно можно оценить с помощью параметра растворимости (δ). Существует несколько методов оценки δ [17, 24]. В целом параметр растворимости равен корню квадратному из отношения энергии испарения к мольному объему вещества. Параметр растворимости Хансена (δ_x) дает больше информации по растворимости веществ. Чтобы растворить полимер в пластификаторе необходимо нарушить действующее межмолекулярное взаимодействие, которое складывается из диполь-дипольного взаимодействия и образования водородных связей.

В результате δ_x представляет собой сумму трех параметров растворимости [17]:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{E_D + E_P + E_H}{V^l}} \quad (2)$$

где E_D – энергии дисперсных сил, Дж/моль; E_P – энергия полярного взаимодействия, Дж/моль; E_H – энергии взаимодействия за счет водородных связей, Дж/моль; V^l – мольный объем вещества, м³/моль.

Параметры растворимости исходного полимера и пластификаторов, применяемых в данной работе, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметр растворимости ЭВА, МИ, ДОФ, ХП [16, 18, 19]

Показатель	Е100	МИ	ДОФ	ХП
Параметр растворимости δ , (МДж/м ³) ^{0,5}	$\approx 17,5$	$\approx 16,1$	18,2	19,5

Все пластификаторы (растворители) по величине взаимодействия с полимером можно разделить на «плохие» (несовместимые) и «хорошие» (совместимые) [8, 20–22]. К первым относятся пластификаторы, в которых полимер ограниченно набухает, а ко вторым – где полимер неограниченно растворяется. Хороший пластификатор в отличие от «плохого» образует гомогенный раствор полимера в рабочем интервале концентраций и температур, не вызывая расслоения системы полимер-пластификатор на две фазы [21].

Добавление в полимер совместимого пластификатора приводит к молекулярному смешению компонентов, когда молекулы пластификатора проникают внутрь надмолекулярных структур, располагаются между макромолекулами благодаря взаимодействиям полимер-пластификатор. Несовместимый пластификатор не нарушает межцепных взаимодействий, его молекулы располагаются на поверхности надмолекулярных структур полимера [20, 22, 23].

При добавлении в исходный полимер пластификатора происходит смещение температуры

стеклования (T_g) в сторону более низких температур. Например, ДОФ и ХП при частоте 1 Гц сдвигают T_g исходного ЭВА в область отрицательных температур на 19 °С, а МИ на 13 °С (см. рис. 1а). Это объясняется тем, что пластификаторы ДОФ и ХП по сравнению с МИ обладают более высокой полярностью (согласно параметра растворимости δ , табл. 3) и, следовательно, более высоким сродством с ЭВА. Это приводит к сни-

жению интенсивности внутри- и межмолекулярных цепных взаимодействий. Вследствие этого облегчается движение отрезков цепей, они могут перемещаться при более низких температурах, в итоге T_g таких маточных смесей значительно снижается [4]. Таким образом, диоктилфталат и хлорпарафин с 20 % концентрацией в системе ЭВА/пластификатор дают лучший эффект пластифицирования ЭВА, чем индустриальное масло.

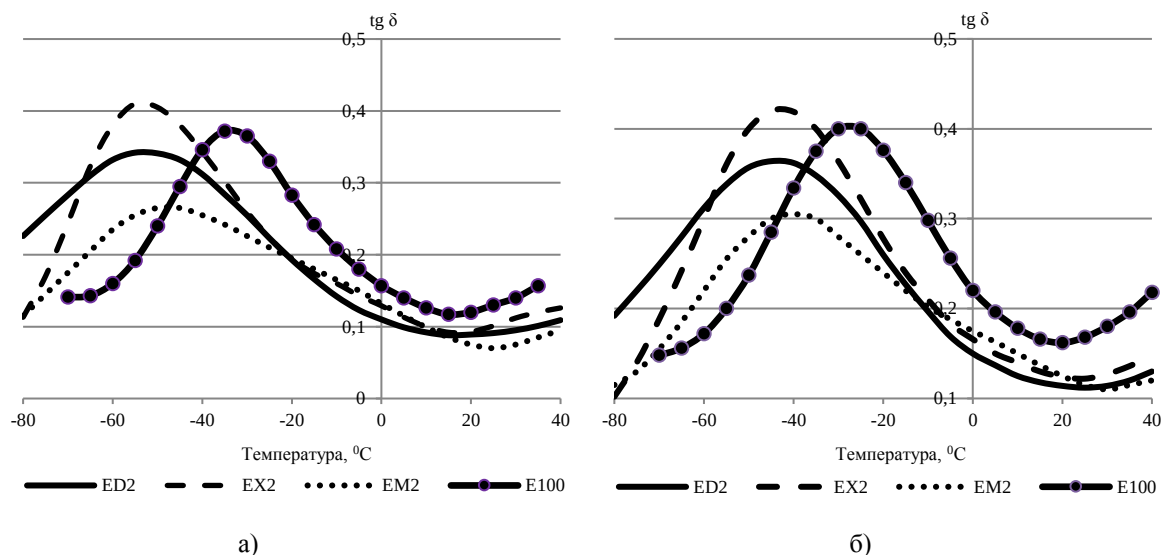


Рис. 1. Сравнение $\text{tg } \delta$ E100, ED2, EX2, EM2: а) – при частоте 1 Гц; б) – при частоте 10 Гц

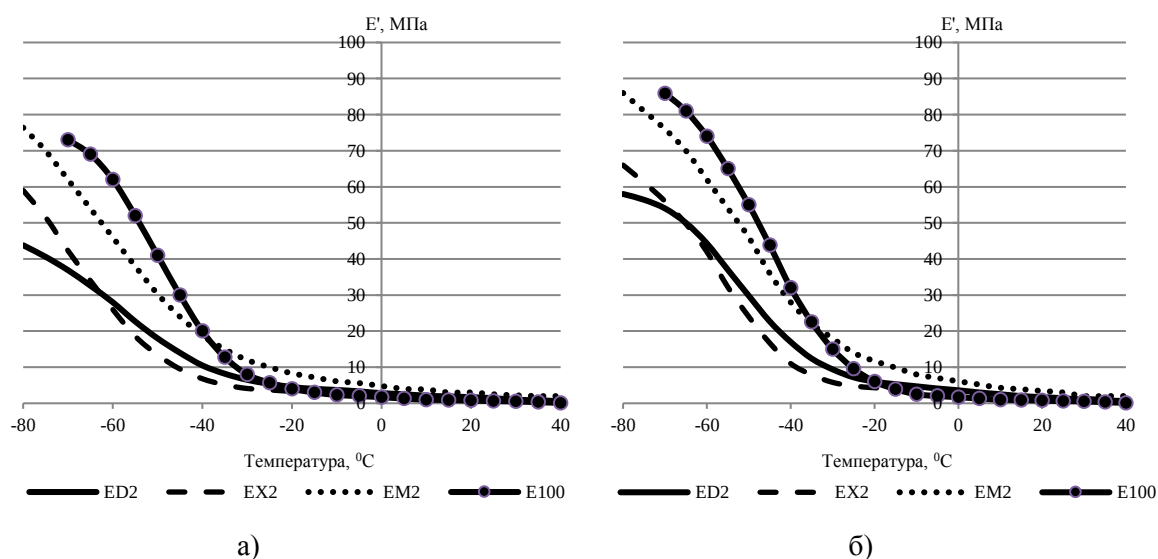


Рис. 2. Сравнение динамических модулей упругости E100, ED2, EX2, EM2: а) – при частоте 1 Гц; б) – при частоте 10 Гц

Пластификатор оказывает влияние не только на T_g полимера, но и на тангенс угла механических потерь ($\text{tg } \delta$). Например, когда в качестве пластификатора используется МИ или ДОФ величина $\text{tg } \delta$ ЭВА при 1 Гц уменьшается на 0,109 и 0,031 соответственно. В тоже время при пластификации этиленвинилацетата хлорпарафином величина $\text{tg } \delta$ возрастает на 0,04 (см. рис. 1а). Это может быть обусловлено более интенсивным фи-

зическим взаимодействием «полимер-пластификатор» посредством сил Ван-дер-Ваальса. В процессе деформирования физические связи разрушаются в одном месте и возникают в другом, расходуя при этом энергию. В результате значение $\text{tg } \delta$ несколько увеличивается и вибропоглощающие свойства полимера улучшаются [10].

Результаты измерения динамического модуля упругости (E') для этиленвинилацетата с

20 % содержанием пластификатора представлены на рис. 2. При частоте 1 Гц этиленвинилацетат имеет наибольшие значения E' , когда в качестве пластификатора используется промышленное масло (см. рис. 2а). Это подтверждает тот факт, что МИ хуже совмещается с ЭВА по сравнению с ДОФ и ХП, в меньшей степени нарушая межцепные взаимодействия в полимере.

Аналогичная ситуация происходит с T_g , $\lg \delta$ и E' бинарных смесей при частоте 10 Гц (см рис. 1б, 2б).

На рис. 3-4 представлены зависимости $\lg \delta$ и E' системы ЭВА/пластификатор при 40% концентрации пластификатора в составе полимерной смеси.

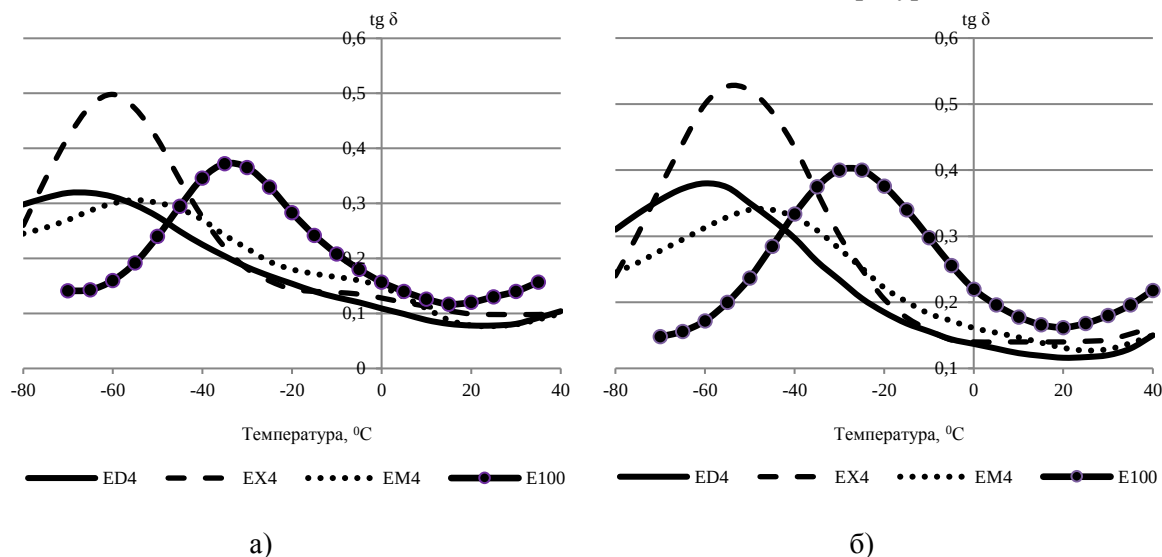


Рис. 3. Сравнение $\lg \delta$ E100, ED4, EX4, EM4: а – при частоте 1 Гц; б – при частоте 10 Гц

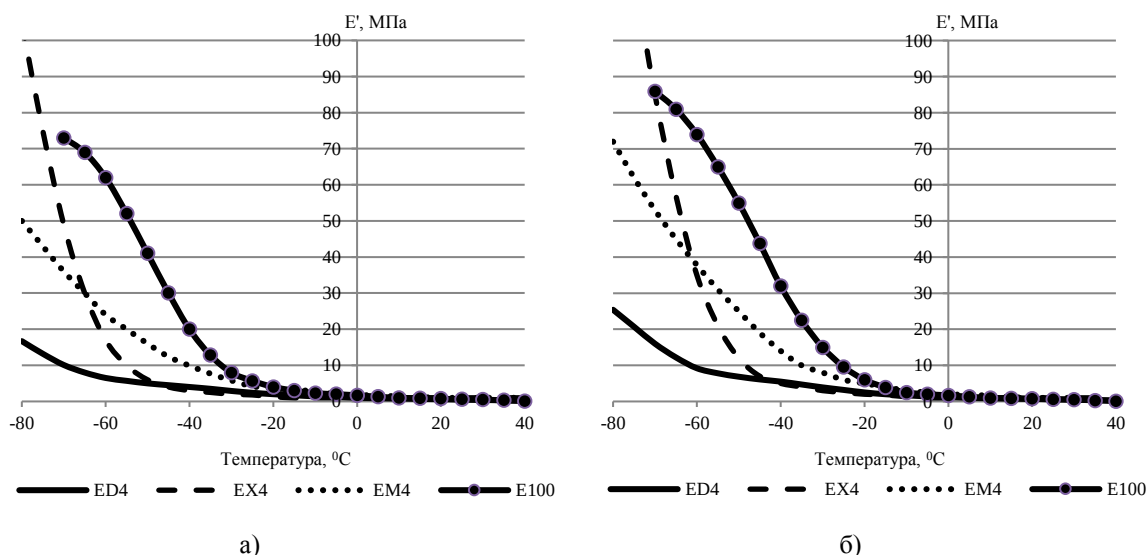


Рис. 4. Сравнение динамических модулей упругости E100, ED4, EX4, EM4: а – при частоте 1 Гц; б – при частоте 10 Гц

Результаты измерения E' в области максимума потерь для этиленвинилацетата с 40 % содержанием пластификатора представлены графически на рис. 4. При повышении концентрации пластификатора до 40 % ЭВА имеет наибольшие значения динамического модуля упругости (до -

Действие пластификаторов с повышением его концентрации в составе полимерной смеси всегда выражается в понижении T_g полимеров [9, 22, 24, 25]. И действительно, все пластификаторы, используемые в данной работе, при увеличении их концентрации в составе смеси снижают температуру стеклования этиленвинилацетата (см. рис. 3). Например, МИ и ХП снижают температуру стеклования бинарных смесей EM4 и EX4 относительно смесей EM2 и EX2 на 7 °C (частота 1 Гц). Но наиболее сильно снижение T_g , а именно на 13 °C, проявляется, когда в качестве пластификатора используется ДОФ. Это обусловлено тем, что из трех пластификаторов у ДОФ самое низкое значение температуры застывания [19].

70 °C при частоте 1 Гц и до 65 °C при частоте 10 Гц), когда в качестве пластификатора используется масло.

Увеличение концентрации пластификатора в составе бинарной смеси приводит к снижению

динамического модуля упругости и соответственно жесткости пластифицированного полимера. Например, у системы ЭВА/МИ при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и частоте 1 Гц E' уменьшается на 6 МПа, у ЭВА/ДОФ на 3,6 МПа, у ЭВА/ХП на 2,1 МПа (см. рис. 4а). Понижение динамического модуля упругости при повышении концентрации пластификатора в составе смеси обусловлено разбавлением полимера и увеличением длины отрезков цепей между физическими зацеплениями [8]. Также при увеличении концентрации пластификатора у всех полимерных смесей наблюдается сдвиг кривой модуля упругости в сторону отрицательных температур. Аналогичная ситуация происходит при частоте 10 Гц (см. рис. 4б).

Наибольшая высота пика $tg\delta$ в системе ЭВА/пластификатор наблюдается, когда в качестве пластификатора используется хлорпарафин, так же, как и в случае с малой концентрацией пластификатора в составе смеси (см. рис. 3а).

Эффективность пластификатора также можно оценить по ширине пика механических потерь в области стеклования [8]. Наименьшая ширина пика механических потерь ЭВА наблюдается при пластификации хлорпарафином (см. рис. 1–3). В присутствии ДОФ кривая зависимостей тангенса угла механических потерь от температуры имеет более пологий вид в области отрицательных температур по сравнению с ХП и МИ. Это может быть обусловлено формой молекул ДОФ. Из-за наличия бензольных колец молекулы имеют объемную форму и, находясь в межмолекулярном пространстве, увеличивают долю свободного объема в полимере. Таким образом, ЭВА в присутствии ДОФ имеет участки цепей с более высокой подвижностью по сравнению с ХП и соответственно самые низкие значения динамического модуля упругости (рис. 4).

Выводы. Установлены экспериментальные зависимости тангенса угла механических потерь и модуля упругости в зависимости от типа и количества пластификатора для бинарных смесей ЭВА/пластификатор, что дает возможность выбрать пластификатор для этиленвинилацетата исходя из эксплуатационных и других требований, предъявляемых к вибропоглощающему материалу.

Показано, что диоктилфталат и хлорпарафин лучше совмещаются с ЭВА, чем индустриальное масло.

Температура стеклования этиленвинилацетата значительно смещается в область отрицательных температур, когда пластификатором для него выступает диоктилфталат с объемным содержанием 40 % в составе бинарной смеси.

Наименьшее смещение T_g в область отрицательных температур наблюдается при пластификации ЭВА индустриальным маслом.

Наибольшие значения тангенса угла механических потерь наблюдаются при пластификации ЭВА хлорпарафином объемным содержанием 40 % в составе смеси.

Бинарные смеси с индустриальным маслом, являются более жестким, и соответственно, имеют наибольшие значения динамического модуля упругости.

Установлено, что для разработки вибропоглощающих материалов на основе ЭВА наиболее предпочтительно использовать в качестве пластификатора хлорпарафин. У таких смесей наибольшие значения тангенса угла потерь при температуре стеклования. Следом по степени эффективности пластификатора идет диоктилфталат. Использование индустриального масла в качестве пластификатора нецелесообразно.

Полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования динамических механических свойств композитов.

Источник финансирования. Грант Президента Российской Федерации МК-1960.2018.8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Фомин Н.Е. Вибропоглощающие композиционные материалы. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 95с.
2. Lapcik L. Jr., Jindrova P., Lapcikova B., Tamblyn R., Greenwood R., Rowson N. Effect of the talc filler content on the mechanical properties of polypropylene composites // Journal of Applied Polymer Science. 2008. Т. 110. № 5. С. 2742–2747.
3. Zhao Wang, Yue Han, Xing Zhang, Zhaohui Huang, Liqun Zhang. Plasticization Effect of transgenic soybean oil. I. on ethylene propylene diene monomer (EPDM), as substitute for paraffin oil // Journal of Applied Polymer Science. 2013. Т. 130. № 6. С. 4457–4463.
4. Xiaopeng Lia, Shan Tan, Guangyong Liu, Martin Hoch, Shugao Zhao. The effect of paraffinic oil and aromatic oil on the crosslinks and physical properties of butyl rubber // Journal of Macromolecular Science. 2016. Т. 55. № 5. С. 494–502.
5. Mukhopadhyay K., Tripathy D.K., De S. K. Dynamic mechanical properties of silica-filled ethylene vinyl acetate rubber // Journal of Applied Polymer Science. 1993. Т. 48. № 6. С. 1089–1103.
6. Varughese S., Tripathy D.K. Effect of plasticizer type and concentration on the dynamic mechanical properties of epoxidized natural rubber vulcanizates // Journal of Elastomers and Plastics. 1993. Т. 25. № 4 С. 343–357.

7. Aghjeh M.R., Khonakdar H.A., Jafari S.H. Application of mean-field theory in PP/EVA blends by focusing on dynamic mechanical properties in correlation with miscibility analysis // *Journal of Composites Part B: Engineering*. 2015. Т. 79. С. 74–82.
8. Landel R., Nielsen L. Mechanical properties of polymers and composites. New York: CRC Press, 1993. 580 p.
9. Тиниус К. Пластификаторы. М.: Химия, 1964. 916 с.
10. Xiaozhen He, Ming Qu, Xinyan Shi, Damping properties of ethylene-vinylacetate rubber/polylactic acid blends // *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*. 2016. Т. 4, № 3. С. 15–22.
11. Klaudia Czaniková, Zdenko Špitalský, Igor Krupa, Mária Omastová Electrical and mechanical properties of ethylene vinyl acetate based composites // *Materials Science Forum*. 2012. Т. 714. С. 193–199.
12. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов. М.: Химия, 1974. 176 с.
13. Энциклопедия Полимеров. Ред. коллегия: В. А. Кабанов (глав. ред.) [и др.] Т.2. Л–Полинозные волокна. М.: Советская Энциклопедия, 1974. 1032 стб.
14. Генкина Ю.М. Масла-наполнители синтетических каучуков и резин, отвечающие требованиям REACH, для российского рынка // 4-я Международная конференция CREON «Каучуки 2009» (27 ноября 2009 г.). Москва. 2009. С. 1–16.
15. Алексеев А.А., Петухова Т.В., Осипчик В.С., Кириченко Э.А. Пластификация бутадиен-стирольного блок-сополимера радиального строения индустриальными маслами // *Химия и химическая технология*. 2009. Т. 52. № 6. С. 99–102.
16. Муртазина Л.И., Гарифуллин А.Р., Никульцев И.А., Фатхуллин Р.Ф., Ахмедьянова Р.А., Милославский Д.Г., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н. Регулирование свойств неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука пластификаторами // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 9. С. 119–122.
17. Alexander Lee Kelly. Material Compatibility for Passive Two-Phase Immersion Cooling Applications: thesis...masters of science. Auburn, 2014. 97 p.
18. Díez E., Camacho J., Díaz I., Ovejero G. Turbidimetric and intrinsic viscosity study of EVA copolymer–solvent systems // *Polymer Bulletin*. 2014. Т. 71. № 1. С. 193–206.
19. Берштейн В.А., Егорова Л.М., Егоров В.М., Синани А.Б. Исследование эффектов пластификации полимеров методом ДСК и возможности их прогнозирования // *Высокомолекулярные соединения*. 1989. Т. 31. № 12. С. 2482–2489.
20. Шен М. Вязкоупругая релаксация в полимерах. М.: Мир, 1974. 270 с.
21. Карякина М.И., Попцов В.Е. Технология полимерных покрытий. М.: Химия, 1983. 335 с.
22. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007. 576 с.
23. Гросберг А.Ю. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1989. 344 с.
24. Wypych G. Handbook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing, 2004. 693 p.
25. Wypych A. Databook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing, 2017. 696 p.

Информация об авторах

Волоцкий Алексей Николаевич, аспирант кафедры строительных конструкций и машин.

E-mail: alexeyqwerty@mail.ru.

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Юркин Юрий Викторович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительных конструкций и машин.

E-mail: yurkin@vyatsu.ru

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Черкасов Василий Дмитриевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой прикладной механики.

E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева.

Россия, Республика Мордовия, 430005, Саранск, ул. Большевикская, д. 68.

Авдонин Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и машин.

E-mail: avdoninvalerii@bk.ru

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Мансурова Ирина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры химии и технологии переработки полимеров.

E-mail: i.a.mansurova@yandex.ru

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Поступила в июле 2018 г.

© Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А., 2018

Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A.
INFLUENCE ESTIMATION OF PLASTICIZER POLARITY ON DYNAMIC PROPERTIES
OF POLYMERIC MATERIALS ON THE BASIS OF ETHYLENE-VINYL ACETATE

This article is devoted to the actual problem of the development of damping polymer materials which are effective in a wide range of working capacity. Effectiveness of a vibration damping in a composite is mainly defined by properties of a polymeric matrix, that's why studying of its properties depending on type and the number of gel-forming parameters is an urgent task. The purpose of this article is to determine the changes in the dynamic properties of the polymer ethylene-vinyl acetate with the addition of plasticizers in it various polarity and concentrations. The leading method to investigate this problem is the method of dynamic mechanical analysis, which allows to obtain information about changes in mechanical characteristics under the influence of dynamic load and controlled temperature. According to the received regularities it was possible to define the plasticizer type significantly reducing glass transition of ethylene-vinyl acetate. The percentage ratio of the ethylene-vinyl acetate plasticizer system is established and, the type of plasticizer at which the maximum of mechanical losses assumes high values is respectively revealed. Degree polarity of plasticizer at which efficiency of plasticizer on ethylene-vinyl acetate the greatest is defined. The received dependences can be used as input data for analytical prediction of dynamic mechanical properties of composites.

Keywords: ethylene-vinyl acetate, dioctyl phthalate, chlorinated paraffin wax, industrial oil, mechanical loss tangent, modulus of elasticity, temperature.

REFERENCES

1. Solomatov V.I., Cherkasov V.D., Fomin N.E. Damping composite materials. Saransk: Publishing house of the Mordovian University. 2001, 95 p.
2. Lapcik L.Jr., Jindrova P., Lapcikova B., Tamblyn R., Greenwood R., Rowson N. Effect of the talc filler content on the mechanical properties of polypropylene composites. Journal of Applied Polymer Science, 2008, vol. 110, no. 5, pp. 2742–2747.
3. Zhao Wang, Yue Han, Xing Zhang, Zhaohui Huang, Liqun Zhang. Plasticization Effect of transgenic soybean oil. I. on ethylene propylene diene monomer (EPDM), as substitute for paraffin oil. Journal of Applied Polymer Science, 2013, vol. 130, no. 6, pp. 4457–4463.
4. Xiaopeng Lia, Shan Tan, Guangyong Liu, Martin Hoch, Shugao Zhao. The effect of paraffinic oil and aromatic oil on the crosslinks and physical properties of butyl rubber. Journal of Macromolecular Science, 2016, vol. 55, no. 5, pp. 494–502.
5. Mukhopadhyay K., Tripathy D.K., De S. K. Dynamic mechanical properties of silica-filled ethylene vinyl acetate rubber. Journal of Applied Polymer Science, 1993, vol. 48, no. 6, pp. 1089–1103.
6. Varughese S., Tripathy D. K. Effect of plasticizer type and concentration on the dynamic mechanical properties of epoxidized natural rubber vulcanizates. Journal of Elastomers and Plastics, 1993, vol. 25, no. 4, pp. 343–357.
7. Aghjeh M.R., Khonakdar H.A., Jafari S.H. Application of mean-field theory in PP/EVA blends by focusing on dynamic mechanical properties in correlation with miscibility analysis. Journal of Composites Part B: Engineering, 2015, vol. 79, pp. 74–82.
8. Landel R., Nielsen L. Mechanical properties of polymers and composites. New York: CRC Press. 1993, 580 p.
9. Tinius K. Plasticizers. Moscow: Chemistry. 1964, 916 p.
10. Xiaozhen He, Ming Qu, Xinyan Shi, Damping properties of ethylene-vinylacetate rubber/polylactic acid blends. Journal of Materials Science and Chemical Engineering, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 15–22.
11. Klaudia Czaniková, Zdenko Špitalský, Igor Krupa, Mária Omastová Electrical and mechanical properties of ethylene vinyl acetate based composites. Materials Science Forum, 2012, vol. 714, pp. 193–199.
12. Sirota A.G. Modification of the structure and properties of polyolefins. Moscow: Chemistry. 1974, 176 p.
13. Encyclopedia of Polymers. Ed. team: V. A. Kabanov (Chief Editor) [and others], vol. 2. L – Polymeric Fibers. Moscow: Soviet Encyclopedia. 1974, 1032 columns.
14. Genkina Yu. M. Oils-fillers of synthetic rubbers and rubbers that meet REACH requirements for the Russian market. 4th International Conference

CREON "Rubbers 2009"(27 November 2009). Moscow, 2009, pp. 1–16.

15. Alekseev A.A., Petuhova T.V., Osipchik V.S., Kirichenko E.A. Plastification of styrene-butadiene block copolymer by radial structure with industrial oils. *Chemistry and Chemical Technology*, 2009, vol. 52, no. 6, pp. 99–102.

16. Murtazina L.I., Garifullin A.R., Nikultsev I.A., Fathullin R.F., Ahmedyanova R.A., Miloslavskiy D.G., Galimzyanova R.Yu., Hakimullin Yu.N. Regulation of properties of non-hardening sealants based on ethylene-propylene-diene rubber with plasticizers. *Bulletin of Kazan Technological University*, 2014, vol. 17, no. 9, pp. 119–122.

17. Alexander Lee Kelly. Material Compatibility for Passive Two-Phase Immersion Cooling Applications: thesis...masters of science. Auburn, 2014. 97 p.

18. Díez E., Camacho J., Díaz I., Ovejero G. Turbidimetric and intrinsic viscosity study of EVA copolymer–solvent systems. *Polymer Bulletin*, 2014, vol. 71, no. 1, pp. 193–206.

Information about the author

Alexey N. Volotskoy, Postgraduate student.

E-mail: alexeyqwerty@mail.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya, 36.

Yuriy V. Yurkin, PhD.

E-mail: yurkin@vyatsu.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya, 36.

Dmitriy V. Cherkasov, DSc, Professor.

E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

Ogarev Mordovia State University.

Russia, Republic of Mordovia 430005, Saransk, st. Bolshhevistskaya, 68.

Valeriy V. Avdonin, PhD, Assistant professor.

E-mail: avdoninvalerii@bk.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya 36.

Irina A. Mansurova, PhD, Assistant professor.

E-mail: i.a.mansurova@yandex.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya, 36.

19. Bershtein V.A., Egorova L.M., Egorov V.M., Sinani A.B. Investigation of the effects of plasticization of polymers by the DSC method and the possibility of predicting them. *High-molecular compounds*, 1989, vol. 31, no. 12, pp. 2482–2489.

20. Shen M. Viscoelastic relaxation in polymers. Moscow: World. 1974, 270 p.

21. Karjakina M.I., Poptsov V.E. The technology of polymeric coatings. Moscow: Chemistry. 1983, 335 p.

22. Tager A.A. Physical chemistry of polymers. Moscow: Scientific world. 2007, 576 p.

23. Grosberg A.Yu. Statistical physics of macromolecules. Moscow: Science. 1989, 344 p.

24. Wypych G. Handbook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing. 2004, 693 p.

25. Wypych A. Databook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing. 2017, 696 p.

Received in July 2018

Для цитирования:

Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А. Оценка влияния полярности пластификатора на динамические свойства полимерных материалов на основе этиленвинилацетата // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 15–23. DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876

For citation:

Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A. Influence estimation of plasticizer polarity on dynamic properties of polymeric materials on the basis of ethylene-vinyl acetate. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2018, no. 9, pp. 15–23. DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876

Толстой А.Д., канд. техн. наук, доц.,
Крымова А.И., магистрант,
Фомина Е.В., канд. техн. наук, доц.,
Коробков Р.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ САМООРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ В ТЕОРИИ ТВЕРДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

На основе исследования твердеющих высокопрочных композиций показана взаимосвязь между возможностями синергетической схемы изучения явлений природы и вопросами управления формированием структуры каменных материалов, полученных из рационально подобранных строительных смесей.

Рассмотрены перспективы применения общих принципов синергетики и концепции устойчивого развития открытых диссипативных систем к материальным объектам производственного происхождения, и их понимания как целостной саморегулируемой неравновесной системы. Данный метод был приведен в действие при помощи термодинамического принципа бельгийской школы. В рассматриваемой теме было введено понятие «Хакена», для более подробного осознания структуры как состояния, которое появляется в результате когерентного (порядочного) поведения множественного числа частиц, на понятие диссипативной структуры. Совместно с темой термодинамических процессов были рассмотрены виды термодинамических систем и выявление наличия, и влияния данных систем в нашем исследовании. В статье приведены изображения изменения энергии Гиббса. А также таблица данных явно характеризующая изменение энергии Гиббса и объемов продуктов реакции гидратообразования в твердеющих системах.

Главной целью было – показать, что принципы развития саморегулирующейся системы можно применять в технологии строительных материалов. Так же показать, что данный подход разрешает собой проводить анализ состояния основных структурных элементов открытой метастабильной системы твердеющего многокомпонентного бетона. Выявить показатели полноты процессов в неравновесной системе с фиксацией нового состояния – от вязко-текучего до камневидного, т.е. переход к новому аттрактору.

Ключевые слова: строительное производство, твердеющие системы, синергетический подход, соотношение производственных и природных потенциалов, сбалансированность неравновесных систем.

Введение: Концепция перехода к устойчивому развитию, одно из основных направлений перехода к устойчивому развитию которой – это разработка и внедрение высокоэффективных автоматизированных технологии производства и научно обоснованных способов получения новых материалов была принята в России в 1996 г.

Одной из главных задач тактики устойчивого развития является разработка путей и способов приспособления жизни к происходящим в России масштабным изменениям. В концепции показано право любого человека на положительно влияющую на него окружающую среду. Под устойчивым развитием, понимается постоянное и непрерывное социально-экономическое развитие, не изменяющая своей природной основы. Принятие в России концепции устойчивого развития предполагает под своим понятием переход к эмпирическому решению производственных задач с сохранением благоприятной окружающей среды, способствующей повышению уровня жизни [1, 2].

Развитие современных комплексных и иных инновационных технологий ускоряет научно-технический прогресс процесса создания. Все больше становятся актуальными научные разработки, направленные на создание технологий, которые находились бы в оптимальной гармонии с потребностями современного строительства.

Актуализация научных работ монолитно связана с приложением новых идей и других возможностей к теории и практике современного материаловедения в плане объяснения процессов и явлений, происходящих при изменениях структуры и свойств материалов, а также фазовых переходах.

К основам и дефинициям хакеновской синергетики (термин «синергетика», близкое к современному пониманию, ввел проф. Института теоретической физики в г. Штутгарте. Германия Г. Хакене в 1977 г.) прибегают все на много большее число исследователей в разных сферах знаний [3]. Синергетика как междисциплинарное

научное направление, изучающее изменения вещественного состава и структуры на основе принципов самоорганизации системы, получило развитие в работах И. Пригожина, И. Забуского, Князевой Е. Н., Курдюмова С. П., Иванова В. С. и др. [4-8]. Синергетика получается в роли метанауки, подчеркивающей и делающей эффективнее общее направление тех закономерностей и зависимостей, которые другие науки считают «своими». Синергетический метод приобрел звание общенаучного метода исследования и широко используется в современной науке. Многие исследователи подчеркивают, что синергетика приходится парадигмой современной, постклассической науки. Ее категориальный аппарат (бифуркация, флуктуация, диссипативная структура, синергетический эффект и др.) помогает проанализировать изменение открытых, неравновесных, сложноорганизованных систем всей природы.

Методология. В работе была поставлена цель – показать возможность и правомерность использования (или, если можно сказать, приложения) методов и аппарата науки синергетики к объяснению процессов структурообразования при затвердевании синтетического камня на основе оптимально подобранной многокомпонентной смеси.

Такой метод к исследованию материаловедческих задач еще не получил должной разработки в научной литературе. Главными предпосылками к принятию решения о применении синергетического метода стали:

1. Главный постулат синергетики – область приложения синергетических принципов точно не определена и не может там быть определенных рамок, так как ее интересы направлены на все ветви естествознания.

2. Соответствие многокомпонентных твердеющих систем главным понятиям и методологическим фактам синергетики – это сложные, неравновесные, эволюционирующие системы, в которых происходит грубое и быстрое образование новых микроскопических (локальных) новообразований и появление новых свойств системы.

3. Система твердеющей смеси является открытой, далекой от точки термодинамического равновесия, в которой реализуется основной принцип самоорганизации – выявление через хаотичность нового порядка и новой структуры, из-за содержания огромного количества взаимодействующих между собой элементов.

4. Твердеющая система производит обмен веществом и энергией с окружающей средой, за счет чего получается структурированность и самоорганизация.

5. К твердеющей системе применим фундаментальный механизм синергетики – бифуркационный механизм, в нём точкой бифуркации – наиболее чувствительному состоянию к незначительным «возмущениям», «нарушениям» (флуктуациям) – можно считать момент затворения смеси водой, после чего происходит «выбор» системой наиболее лучшего направления развития, т.е. твердения, набора прочности и превращения в камневидное тело или, иначе говоря, переход к новому аттрактору.

Основная часть. Термодинамический принцип к самоорганизации можно увидеть в бельгийской школе И. Пригожина. [5] Эта школа заменяет такое понятие синергетики, как понятие Хакена – осознание структуры как состояния, которое появляется в результате когерентного (порядочного) поведения множественного числа частиц, на понятие диссипативной структуры. В открытых системах, которые находятся в процессе обмена с внешней средой потоками энергии или вещества, однородное состояние равновесия может потерять свою устойчивость и безвозвратно перейти в неоднородное стационарное состояние, которое будет устойчиво относительно малых возмущений.

Содержательное определение термодинамической системы как совокупности множественных единиц взаимодействующих между собой структурных частиц (атомов, молекул и др.), что определяющим в поведении такой системы являются статистические закономерности, которые помогают характеризовать ее состояние малым числом параметров. Термодинамические системы имеют предрасположенность к взаимодействию, как между собой, так и со внешней средой, обмениваясь при этом энергией и/или веществом. В зависимости от характера взаимодействия со внешней средой в термодинамике выделяют несколько разных видов систем. Система, которая лишена возможности обмена с окружающей средой веществом и энергией – изолированная. Система, обменивающаяся с окружающей средой только энергией – закрытая. И, наконец, открытая система – та, что обменивается с окружающей средой и энергией, и веществом.

По своей структуре термодинамические системы можно разбить на гомогенные и гетерогенные. Гомогенными являются системы, свойства которых изменяются пространственно непрерывно. В частном случае однородных гомогенных систем свойства любых составляющих их частей одинаковы. Гетерогенная система включает в себя несколько однородных или гомогенных частей, имеющих свои индивидуальные свойства. Таким образом, свойства гетерогенной

системы изменяются скачкообразно при переходе из одной ее гомогенной части в иную. Гомогенная часть гетерогенной системы, которая пребывает отделенной от иных частей поверхностью раздела, является фазой. Примером гетерогенной системы являются системы, состоящие из сосуществующих фаз одного или нескольких индивидуальных веществ. Термодинамический подход предполагает, что состояние термодинамической системы определяется направлением задания ряда макроскопических параметров (объем, давление, концентрация и т.д.), а также параметрами состояния, характеризующими разные состояния системы в целом (внутренняя энергия, энтальпия, энтропия и свободная энергия – энергия Гиббса). Из-за этого термодинамический подход обладает большой общностью и может применяться к самым различным системам – физическим, химическим, биологическим и т.д.

Термодинамическая система, обладает энергией, которая складывается из энергий огромного числа составляющих ее частиц (атомов, молекул и т.д.), постоянно находящихся в движении и взаимодействии между друг-другом, а также с окружающими систему телами или физическими полями, которые создаются окружением. Энергия системы за исключением ее внешней составляющей, т.е. кинетической энергии системы как единого целого и потенциальной энергии системы в поле внешних сил, называется внутренней энергией системы. Существенно, что для термодинамических систем внутренняя энергия является экстенсивным параметром. Системы, внутренняя энергия которых нелинейно зависит от числа составляющих ее частиц, не могут описываться термодинамическими методами [9].

Если говорить о пределах применимости термодинамического подхода, то их определяют правила термодинамики. Постулат о термодинамическом равновесии, являющийся основным постулатом термодинамики – говорит, что всякая изолированная макроскопическая система с течением времени приходит в состояние термодинамического равновесия и никогда самопроизвольно выйти из него не может. В свою очередь, именно необратимый и самопроизвольный переход изолированной системы в состояние термодинамического равновесия является общим основным свойством всех макроскопических предметов. Очень значимое количество состояний, которые сменяют друг друга в процессе динамической эволюции макросистемы, среди которых, наравне с микросостояниями, отвечающими термодинамическому равновесию, также много микросостояний, которые явственно соответствуют различным термодинамически неравновесным

макросостояниям. Получается, что термодинамика занимается описанием только равновесных состояний и их свойств, а также в некоторых случаях, некоторых закономерностей приближенных к равновесию. Вторым постулатом является постулат о температуре. Постулат утверждает, что всякая макроскопическая система, находящаяся в состоянии термодинамического равновесия, характеризуется специальным интенсивным термодинамическим параметром – температурой, являющейся одной для всех частей системы и вместе с другими макроскопическими параметрами определяет ее состояние. Выходит, что именно равенство температур двух или нескольких систем считается необходимым условием их термодинамического равновесия между собой.

Особым следствием постулатов о температуре и различного рода равновесии есть вывод о том, что находясь в положении термодинамического равновесия внутренние параметры системы, так же и внутренняя энергия системы, будут функциями внешних параметров и температуры. Третий постулат содержит свое значение в том, что, температура равновесной системы увеличивает свое значение при повышении значения ее внутренней энергии. Позволяет сравнивать температуру различных равновесных систем, подводя их в тепловое взаимодействие с эталонным телом, которое служит термометром именно транзитивности равновесного состояния.

Например, рассматривая систему уравнений химической кинетики, описывающая уникальную ситуацию: доподлинно известный механизм m -стадийной реакции (m – число элементарных актов), в ней принимает участие n веществ. Однозначно определен алгоритм выписывания динамической системы по схеме реакции.

Направление протекания реакции можно предсказать расчетным способом через величину свободной энергии (энергии Гиббса).

Энергия Гиббса (изобарно-изотермический потенциал, свободная энтальпия) – функция состояния системы (G) определяемая из выражения:

$$G = H - TS, \text{ [Дж или Дж/моль]}$$

где H – энтальпия (теплосодержание), Дж/моль; T – абсолютная температура, К; S – энтропия, Дж/моль.

В данном методе есть определенное правило: все самопроизвольно протекающие процессы сопровождаются уменьшением значения энергии Гиббса до достижения ею минимума, отвечающему состоянию равновесия системы (рис. 1).

В математических расчетах повсеместно используется именно этот параметр состояния, т.к.

убыль энергии Гиббса в равновесном процессе (при постоянном давлении и температуре) равна максимальной полезной работе [6–9].

При термодинамическом анализе $\text{CaO}-\text{C}_3\text{A}(\text{C}_3\text{F})-\text{Ox}-\text{H}_2\text{O}$ в нормальных условиях

в качестве продуктов реакции рассмотрено образование гидроалюминатов, гидроферритов и гидросульфалюминатов кальция, портландита, аморфных гидроксидов алюминия и железа и гипса (табл. 1).

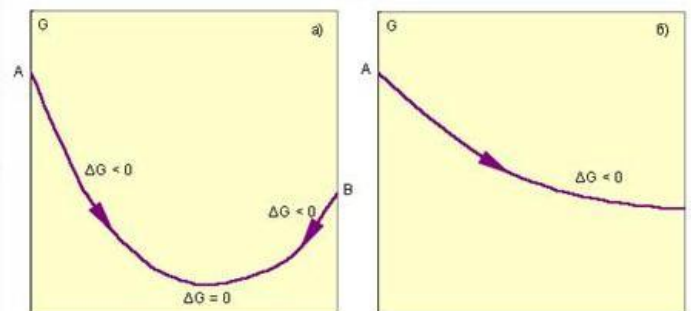


Рис. 1. Изменение энергии Гиббса:
а – обратимый процесс; б – необратимый процесс

Термодинамическую устойчивость гидроалюминатов и гидросульфалюминатов кальция при повышенных температурах анализировали по рассчитанным значениям энергии Гиббса реакций. Полученные результаты показывают, что до температуры 348,15 К термодинамически более устойчивыми продуктами реакции являются ассоциации трисульфогидроалюмината кальция

с гипсом (реакции 1, 2, табл. 1). При температуре свыше 348,15 К абсолютное значение энергии Гиббса данной реакции уменьшается, что свидетельствует о неустойчивом состоянии $\text{C}_3\text{FCs}_3\text{H}_{32}$ в этих условиях, с его переходом в моносulfогидроферрит кальция и образованием двух молекул двуводного гипса (реакция 3, табл. 1).

Таблица 1

Изменение энергии Гиббса и объемов продуктов реакции гидратообразования в твердеющих системах

№ п/п	Уравнение реакции	ΔV твердой фазы		ΔV конденсир. фазы		$-G_{298}^0$ реакции, кДж/моль
		см ³ /моль	%	см ³ /моль	%	
1	$\text{C}_3\text{A}+3\text{CsH}_2+26\text{H}_2\text{O}=\text{C}_3\text{ACs}_3\text{H}_{32}$	311,83	128,72	-67,13	8,60	235,94
2	$\text{C}_3\text{F}+\text{Ca}(\text{OH})_2+3\text{CsH}_2+25\text{H}_2\text{O}=\text{C}_3\text{FCs}_3\text{H}_3$	398,59	123,46	-51,91	6,71	107,07
3	$\text{CsH}_{0,5}+1,5\text{H}_2\text{O}=\text{CsH}_2$	21,43	40,60	-5,60	7,02	4,60
4	$\text{CaO}+\text{H}_2\text{O}=\text{Ca}(\text{OH})_2$	15,23	90,82	-2,68	7,68	55,90

В итоге, проанализированные и выверенные расчеты говорят своими значениями о термодинамической предпочтительности образования при нормальной температуре ассоциаций алюминий- и железосодержащего трехсульфатного гидрата кальция и преобразование At-фаз в моносulfалюминат кальция при высоких температурах.

Выявленные результаты дают полное основание считать, что процессом взаимодействия в твердеющей многокомпонентной системе с цементом можно управлять, изменяя окислительный потенциал системы.

Вывод. Прибегая к помощи синергетического подхода к процессу гидратации и использования термодинамического метода выявляется возможность управления структурообразованием твердеющих систем и направлением его протекания. Так же данный подход разрешает собой проводить анализ состояния основных струк-

турных элементов открытой метастабильной системы твердеющего многокомпонентного бетона. Выявить показатели полноты процессов в неравновесной системе с фиксацией нового состояния – от вязко-текучего до камневидного, т.е. переход к новому аттрактору. Эти определения четко поясняют механизм процесса гидратации и согласуются с положениями синергетики. Объектом дальнейших исследований представляется вычисление роли каждого компонента многокомпонентной высокопрочной твердеющей системы на основе значений их термодинамических параметров с учетом синергетических представлений.

Источник финансирования. Государственная программа Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013-2020 годы, Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, в рамках Плана фундаментальных научных исследований Минстроя России и РАН, тема 7.5.1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Василенко В.Н. Устойчивая Россия: ноосферная концепция управления природопользованием государства: индикаторы, институты, инструменты, механизмы. Волгоград: ВолГУ, 2003. 390 с.
2. Лесовик В.С. Геоника. предмет и задачи. Белгород: БГТУ, 2012. 232 с.
3. Хакен Г. Синергетика / пер. с англ. М.: Мир, 1980. 406 с.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой / пер. с англ., под общ. ред. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Сачков. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
5. Innovative materials and techniques in concrete construction // ACES Workshop. M.N. Fardis

(Ed.). Springer Science+Business Media. 2012. p. 379

6. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука, 1994. 236 с.
7. Толстой А.Д. Сульфатостойкость бетона с пиритосодержащим заполнителем, определяемая ускоренным методом: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Белгород, 1987. 178 с.
8. Забуский И. Nonlinear partial differential equations. N.Y.: Acad. press, 1967, 223 с.
9. Бабушкин В.И. Термодинамика реакций образования дзудового гипса и гидросульфата алюмината кальция // Журнал прикладной химии. 1973. Т. 46. Вып. 2. С. 246–251.

Информация об авторах

Толстой Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: tolstoy.ad@bstu.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Крымова Анастасия Игоревна, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: krymova.a@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Фомина Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Коробков Роман Александрович, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.

Поступила в июне 2018 г.

© Толстой А.Д., Крымова А.И., Фомина Е.В., Коробков Р.А., 2018

Tolstoy A.D., Krymova A.I., Fomina E.V., Korobcov R.A.

**THE APPLICATION OF SYNERGETIC PRINCIPLES SELF-ORGANIZATION SYSTEM
IN THE THEORY OF HARDENING BUILDING COMPOSITES**

On the basis of research of hardening high-strength compositions the interrelation between of synergetic scheme opportunities of the nature phenomena studying and questions of structure formation management of the stone materials received from rationally picked up construction mixes is shown. The prospects of applying the General principles of synergetics and the concept of sustainable development of open dissipative systems to the material objects of industrial origin, and their understanding as an integral self-regulating non-equilibrium system are considered. This method was implemented using the thermodynamic principle of the Belgian school. In this topic the concept of "Hacken" was introduced, for a more detailed understanding of the structure of phase as a state, which appears in the scientific result of coherent (ordinal) flowing behavior of the plural construction of the number of particles, the direction of the concept of dissipative structure hydroxides. Together with the topic of thermodynamic processes types of thermodynamic systems and identify the availability and impact of these systems in our study were considered. The article presents images of the Gibbs energy change. As well as the data table clearly characterizing the change in Gibbs energy and the volume of hydrate reaction products in hardening systems. The main goal was to show that the principles of

the development of self-regulating system can be used in the technology of building materials. Also to show that this approach allows itself to carry out the analysis of a condition of the main structural elements of the open metastable system of hardening multicomponent concrete. To identify indicators of the completeness of the processes in a nonequilibrium system with the establishment of a new state of from viscous-fluid to solid, i.e., the transition to a new attractor.

Keywords: building production, hardening systems, synergetic approach, correlation of production and natural potentials, balance of nonequilibrium systems.

REFERENCES

1. Vasilenko V.N. Sustainable Russia: the concept of a noospheric environmental management of the state: indicators, institutions, and instruments. Volgograd: VolGY, 2003, 390 p.
2. Lesovic V.S. Geonickname. Subject and tasks. Belgorod: BGТУ, 2012, 232 p.
3. Haken H. Synergetics. Mir. 1980, 406 p.
4. Prigogin I. Stengers I. Order out of chaos: new dialogue between man and nature. Progress, 1986, 432 p.
5. Innovative materials and techniques in concrete construction, ACES Workshop. M.N. Fardis (Ed.). Springer Science+Business Media, 2012, 379 p.
6. Knyazeva E.N., Kyrdaymov S.P. Laws of evolution and self-organization of complex systems. Nayka, 1994, 236 p.
7. Tolstoy A.D. Sulfacetamide concrete with pyrite-containing filler determined by the accelerated method. The dissertation on competition of a scientific degree. Belgorod, 1987, 178 p.
8. Zarybski I. Nonlinear partial differential equations. N.Y.: Acad. press, 1967, 223 p.
9. Babushkin V.I. Thermodynamics of reactions education zavodnaja gypsum and hydrocortamate calcium in hardened concrete. Journal of applied chemistry, 1973, vol. 46, no 2, pp. 246–251.

Information about the author

Alexander D. Tolstoy, PhD, Assistant professor.

E-mail: tolstoy.ad@bstu.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Anastasia I. Krymova, Master student.

E-mail: krymova.a@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ekaterina V. Fomina, PhD, Assistant professor.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Roman A. Korobcov, Master student.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in June 2018

Для цитирования:

Толстой А.Д., Крымова А.И., Фомина Е.В., Коробков Р.А. Применение синергетических принципов самоорганизации системы в теории твердения строительных композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 24–29. DOI: 10.12737/article_5bab4a18907280.06517676

For citation:

Tolstoy A.D., Krymova A.I., Fomina E.V., Korobcov R.A. The application of synergetic principles self-organization system in the theory of hardening building composites. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 24–29. DOI: 10.12737/article_5bab4a18907280.06517676

Тур В.И., канд. техн. наук, проф.,
Карсункин В.В., канд. техн. наук, доц.,
Тур А.В., канд. техн. наук, доц.,
Куканов Н.И., канд. физ.-мат. наук, доц.,
Пьянков С.А., канд. техн. наук, доц.

Ульяновский государственный технический университет

КОМПЛЕКСНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ МЕМОРИАЛЬНОГО ЦЕНТРА, СООРУЖЕННОГО В ЧЕСТЬ 100-ЛЕТИЯ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.И. ЛЕНИНА В Г. УЛЬЯНОВСКЕ

Обследование здания обусловлено возникшими проблемами в эксплуатации вследствие длительного периода без проведения планово-предупредительного и капитального ремонтов. Были проведены геологические и геодезические изыскания, обследование несущих и ограждающих конструкций здания, расчеты фундаментов и каркаса. Геологические исследования выявили опасные факторы, осложняющие эксплуатацию здания, а именно подтопленность подземными водами, близость к бровке оползневого склона, наличие участка карстующихся пород, выветрелых мергелей. Выявлены многочисленные дефекты наружных стен, кровли, инженерных сетей, что не обеспечивает возможность безопасной эксплуатации объекта. Техническое состояние несущих конструкций здания – фундаментов, стальных конструкций каркаса, железобетонных плит перекрытия и покрытия соответствует требованиям по прочности и устойчивости конструкций в соответствии с критериями федерального закона 384-ФЗ. Разработаны рекомендации по возможностям дальнейшей эксплуатации здания.

Ключевые слова: обследование несущих и ограждающих конструкций, геологические и геодезические изыскания, расчет каркаса.

Во второй половине 2017 г. в г. Ульяновске было проведено комплексное техническое обследование зданий, входящих в мемориальный комплекс, сооруженный в честь 100-летия со дня рождения В.И. Ленина. Общий вид комплекса показан на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид комплекса

Необходимость проведения обследования была обусловлена возникшими проблемами в эксплуатации зданий и сооружений вследствие длительного периода эксплуатации комплекса без проведения в полном объеме планово-предупредительных и капитальных ремонтов. Это привело к фрагментарному разрушению фасадных облицовочных покрытий, протечкам кровли, систематическим отказам элементов инженерного оборудования. Характерные дефекты фасадного покрытия приведены на рис. 2.

Работы проводились по утвержденному заказчиком техническому заданию, с учетом того, что комплекс является объектом культурного наследия федерального значения, что потребовало получения отдельного задания от управления по охране объектов культурного наследия администрации Губернатора Ульяновской области.



Рис. 2. Характерные дефекты фасадного покрытия

В связи с ограниченным объемом статьи рассмотрим только отдельные разделы проведенных исследований.

Историческая справка. Комплекс состоит из многофункционального центра и трех деревянных зданий, связанных с рождением и детством В.И. Ульянова. Многофункциональный комплекс построен в 1967–1970-х гг. в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина, выполнен в строгих формах конструктивизма, со-

стоит из трех основных объемов: киноконцертного зала на 1200 мест, основной части этажностью от двух до шести этажей, включая технические этажи и торжественного зала, встроенного в основную часть, но на отдельном фундаменте. Объем здания 133 тыс. м³, размеры в плане 110×110 м, максимальная высота – 36 м. Основная часть здания приподнята над уровнем площади на 3,5 м и покоится на 50-ти семиметровых колоннах. Восточный фасад имеет большую открытую лоджию для обозрения Волги. Открытие комплекса состоялось 22.04.1970 г.

Инженерно-геологические исследования.

Участок изысканий находится на территории культурно-концертного Мемориального центра, расположенного на площади «100-летия со дня рождения В.И. Ленина, д.1». Площадь ограничена улицами: Спасская, Гимова, б-р Новый Венец, б-р Пластова. Окружающая участок территория является историческим центром г. Ульяновска используется для массового отдыха и культурных развлечений горожан.

Мемориальный комплекс окружают: с запада - комплекс гостиницы «Венец», с юга - здание Ульяновского Государственного педагогического университета и литературного музея «Дом Языковых». С севера к Ленинскому Мемориалу примыкает сквер с брызгательным бассейном, с юго-востока находятся декоративный бассейн и светомузыкальный фонтан. Бассейны и фонтан функционируют сезонно. В 63–93 метрах восточнее Мемориального центра, проходит бровка Волжского оползневого склона. Здание окружено множеством подземных коммуникаций, часть из которых имеет ввод в здание – это канализация, теплотрасса, водовод, электрокабели, вентиляционные тоннели.

Всего было пробурено 3 скважины глубиной 26 м при глубине свай 13 м и 3 дополнительные скважины по 9 м для выявления верхнего уровня воды. Рядом с основными скважинами выполнено статическое зондирование грунтов.

По результатам исследования значительного изменения физических и физико-механических свойств грунтов в пределах сжимаемой зоны основания не произошло. Ослабленных зон грунтов с низкими несущими характеристиками не выявлено. Под основанием буронабивных свай здания залегают глины твердой и полутвердой консистенции. Статическим зондированием грунтов по современным методикам впервые, за более, чем 40-летний период наблюдений, на глубине более 20 м выделен слой глин, обладающий повышенными прочностными характеристиками (более высокие характеристики лобового и бокового сопротивления грунта), толщиной от 1,7 до 4,5 м.

К опасным экзогенно-геологическим процессам и явлениям, осложняющим эксплуатацию здания Мемориального центра, относится подтопленность здания подземными водами.

Подтопление территории наступило в результате техногенного подъема уровня на 1,0–1,2 м за 50-летний период эксплуатации здания, причем, с 2006 г. подъем составил 0,5–0,7 м. Это является свидетельством сохраняющийся тенденции роста уровня воды. Источниками подтопления служат: полив зеленых газонов, работа фонтана и брызгательных бассейнов, утечки из подземных водонесущих коммуникаций, замена асфальтового покрытия площади на брусчатку. В настоящий период средством защиты от подтопления подвала машинного зала на глубине (–6,8м) являются регулярные откачки воды из сборного приямка в канализацию.

Осложняющими факторами эксплуатации не только здания, но и всей прилегающей к Мемориальному центру территории (используемой для массовых развлечений), служат:

- близость расположения здания к бровке оползневого склона (63–90 м);
- наличие в геологическом разрезе участка карбонатных (карстуемых) пород: выветрелых мергелей [1, 2].

При рекогносцировочном обследовании площадки Мемориального центра проявлений активизации оползневой деятельности не выявлено. Но, на территории, прилегающей к бровке оползневого склона, в асфальтовом полотне прогулочной дорожки, отмечаются 2 параллельные трещины протяженностью от бульвара Пластова до памятника Богдану Хитрово. Генезис этих трещин не совсем ясен, его выяснение требует инструментальных наблюдений за подвижками оползневого склона. Явные признаки проявления поверхностных оползневых подвижек выражены на поверхности верхней оползневой террасы, где отмечены продольные трещины шириной от 10 до 150 мм с отрывом бордюрного камня и просадкой грунта.

Насыпные грунты толщиной от 3,6 до 6,4 м из-за глубины распространения и свайного типа фундамента прямого влияния на устойчивость Мемориального центра не оказывают. Однако, в насыпных грунтах на абсолютной отметке 177,10м расположен ростверк свайного фундамента здания. Возможно, при неравномерных осадках сооружения и передаче частичной нагрузки от ростверка на сильносжимаемый чернозем, происходит деформация (проседание) замощенного помоста, разрушение облицовочной гранитной плитки и прогиб ступеней [3, 4].

Инженерно-геодезические изыскания.

Закладка исходных глубинных грунтовых реперов и первые наблюдения за осадками здания Ленинского мемориального центра в г. Ульяновске были проведены в январе 1970 г. Государственным институтом по проектированию оснований и фундаментов «Фундаментпроект» г. Москва.

Последующие циклы наблюдений по точности нивелирования I класса были проведены с периодичностью 4 цикла в год вплоть до 1989 г.

В июне 1992 года наблюдения были выполнены Симбирской ГРЭ (г. Ульяновск).

С июня 1992 года по июнь 1997г. работы по наблюдению за осадкой фундамента не проводились.

С 1997–2004 год наблюдения проводились один раз в год Симбирской ГРЭ (г. Ульяновск).

Наблюдения по точности нивелирования II класса выполнялись с целью получения данных о величине и характере осадок фундаментов сооружений мемориального центра во времени.

Следующие наблюдения были выполнены в мае 2014 г. В качестве исходной основы для определения абсолютных отметок стеновых марок служили глубинные реперы, заложенные вблизи мемориального центра. Наблюдения, проведенные в ноябре 2017 г позволили сравнить прирост осадок за последние три года. С момента первых наблюдений (1970 г.) наибольшие осадки колонн отмечались по горизонтальной оси А0, наиболее близко расположенной к бровке Волжского склона.

Циклограммы осадок здания приведены на рис. 3.

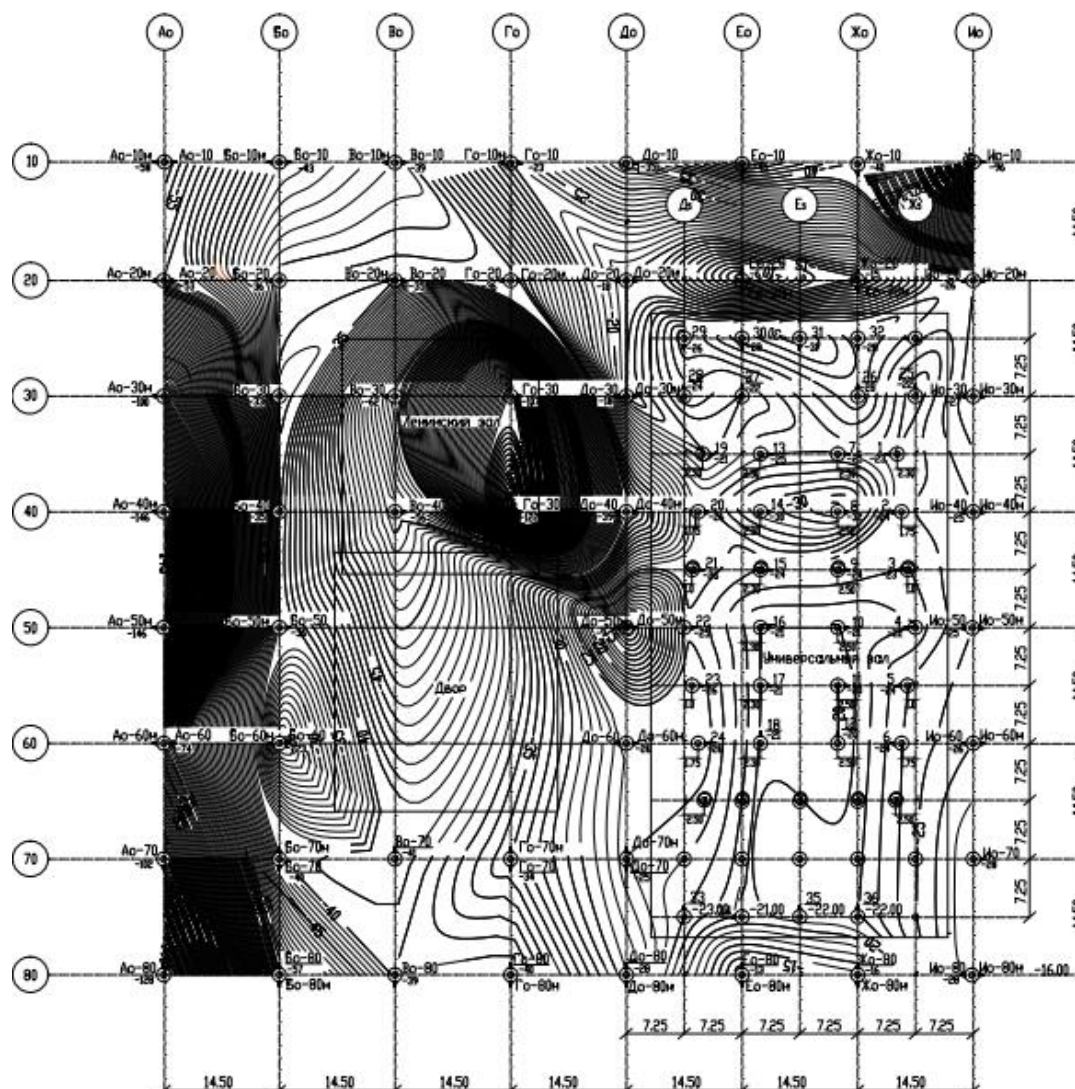


Рис. 3. Циклограммы осадок

Ниже приведены значения осадок, первое значение – осадки за период 2014-2017 г., второе – осадки за весь период наблюдений с 1970 г.

1. Ряд «А0»:

Ао-10 2мм-58 мм	Ао-40н 6 мм-138 мм	Ао-70 2 мм-102 мм
Ао-20 4мм-53 мм	Ао-50н 7 мм-146 мм	Ао-80 2 мм 128 мм
Ао-30 5мм-100 мм	Ао-60 2 мм- 74 мм	

Максимальная осадка за время наблюдений составляет от 53 до 146 мм

2. Ряд «Б0»

Бо-10 3 мм-43 мм	Бо-40 3 мм-35 мм	Бо-70 1 мм-40 мм
Бо-20 3 мм-36 мм	Бо-50 3 мм-36 мм	Бо-80 1 мм-57 мм
Бо30 3 мм-33 мм	Бо-60 2 мм-23 мм	

Максимальная осадка за время наблюдений составляет от 23 мм до 57 мм

3.Ряд «В0»

Во-10 3 мм-39 мм	Во40 4 мм-56 мм
Во-20 3 мм-35 мм	Во-70 0 мм-41 мм
Во-30 4 мм-62 мм	Во-80 1 мм-39 мм

Максимальная осадка за время наблюдений составляет от 35 мм до 62 мм

4.Ряд «Г0»

Го-10 2 мм-23 мм	Го-40 6 мм-122 мм
Го-20 3 мм-36 мм	Го-70 0 мм-34 мм
Го-30 5 мм-107 мм	Го-80 1 мм-40 мм

Максимальная осадка за время наблюдений составляет от 23 мм до 122 мм

Осадки остальных рядов за весь период наблюдений незначительные и составляют от 39 до 45 мм.

Обследование надземной части здания.

Обследование кровли выполнялось на соответствие следующим параметрам: геометрические характеристики (уклоны, скаты, свесы, участки с застоем воды и др.), наличие повреждений в гидроизоляционном слое (трещины, разрывы, вздутия), состояние примыканий рулонного ковра к вертикальным элементам (парапеты, вентиляционные шахты, фановые стояки и т.п.), состояние теплоизоляционных и пароизоляционных материалов.

Всего было выполнено 17 вскрытий кровли, отмечена неравномерность состава кровли на отдельных участках с чередованием слоев рубероида, асфальтобетона, стяжки, песка. На отдельных участках толщина кровельного ковра поверх утеплителя составляет 150-160 мм, что вероятно связано с периодическими ремонтами кровли без снятия предыдущих слоев. Утеплитель – насыпной керамзит толщиной от 30 до 160 мм. Несмотря на то, что работы выполнялись в летний сухой период, на ряде участков под гидроизоляционным ковром были обнаружены слои воды. Практически повсеместно утепляющий слой сырой, что показано на рис. 4. В целом, дефекты и повреждения, выявленные в кровле, не стабилизировались и их развитие продолжается. В соответствии с классификацией п. 3 СП 13-102-2003 [5] техническое состояние кровли является аварийным.



Рис. 4. Замачивание утеплителя

Наружные стены здания самонесущие и навесные, выполнены из керамического кирпича (частично щелевого, частично полнотелого) с наружной отделкой мраморными плитами. Для выявления реальной конструкции стен и состояния материалов были выполнены вскрытия стен на всю их толщину в наиболее характерных местах и составлены дефектные схемы. В целом, конструкция стен соответствует проектным решениям. Вместе с тем, за время длительной эксплуатации в непроектных условиях (несоответствия теплового режима помещений и стен нормативным требованиям) стальные элементы кон-

струкций стен получили значительные коррозионные повреждения и находятся в аварийном состоянии.

Фасады облицованы мраморными плитами светло-бежевого цвета. Наблюдаются многочисленные трещины шириной раскрытия до 5 мм по всему фасаду. Значительные трещины шириной раскрытия до 20 мм на углах фасада, торцевых, парапетной частях стен связаны с деформацией основания (кладочно-клеевого раствора) и ослабления кладки в результате ее систематического замачивания атмосферными осадками и морозного пучения. Наблюдается расхождение швов между плитами и отклонение их от горизонтали.



Рис. 5. Выпучивание мраморных плит

Утепляющий слой выполнен из жестких минераловатных плит, при этом отмечена значительная деформация утеплителя, его высокая влажность (даже в летний период) и практически полная утрата теплоизоляционных качеств.

Каркас здания сформирован из стальных колонн (по наружным осям колонны трубобетонные) и расположенных в двух уровнях плоских стальных решетчатых структур (располагаются в тех. этажах). Структуры состоят из балочной клетки (частично консольной) на нижнем уровне и пространственной фермы на верхнем уровне.

Большой зал выполнен по типовой конструктивной схеме со стальными колоннами и стальными полигональными фермами покрытия.

Детальное обследование элементов каркаса, особенно тщательно проведенное по оси А0, на которой отмечаются максимальные осадки, не выявило опасных деформаций и дефектов конструкций. Схема вскрытия узлов приведена на рис. 6. Антикоррозионное и огнезащитное покрытия сохранены. Исключением являются участки каркаса, расположенные на техническом этаже в пределах осей 20-70 Б0-Д0 (участок здания под балконом внутреннего двора), где отмечена очаговая коррозия металла, возникшая из-за

Металлические элементы опорных частей облицовки в местах примыкания к витражным конструкциям подвержены коррозии и на них утрачен окрасочный материал. На значительных частях облицовки фасада наблюдается ранее установленный противоаварийный временный крепёж. Мероприятия по его установке не дали результата.

Трещины не стабилизированы, с каждым циклом замораживания и оттаивания их количество и ширина возрастают и существует опасность обрушения уже не отдельных плиток, а целых фрагментов облицовочного слоя, рис. 5.

протечек кровли. Техническое состояние стальных конструкций каркаса здания обеспечивает возможность безопасной эксплуатации объекта, в соответствии с положениями 384-ФЗ.

Наличие значительных осадок, выявленных уже при первоначальных наблюдениях в 70-е годы XX века и работоспособное состояние каркаса здания, позволяют сделать вывод о монтаже каркаса уже при состоявшихся первичных значительных осадках по оси А0, вызванных некачественным бетонированием свай по данной оси, подтверждением чему может быть наличие в узлах каркаса различных, не предусмотренных проектом вставок, пластин, элементов, а также отклонением колонн от вертикали и балок от горизонтали на 30-40 угловых минут, что при пересчете на осадки колонн составляет 100–140 мм. Работа каркаса при дальнейших осадках обеспечивалась пространственной жесткостью и перераспределением усилий в элементах.

Расчет каркаса:

Поверочный расчет каркаса здания производился с целью выявления текущего напряженно-деформированного состояния колонн (реакции основания), динамики его развития и построения прогноза на дальнейший жизненный цикл здания.

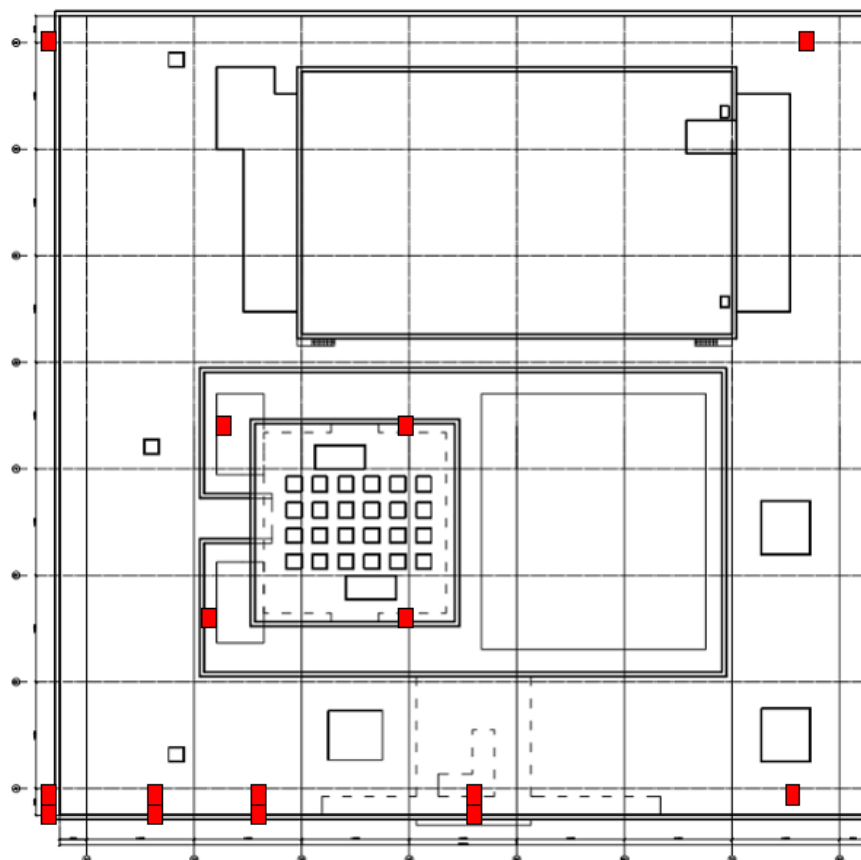


Рис. 6. Схема расположения вскрытых узлов каркаса

По результатам обследования и по проектным данным приняты следующие сечения конструктивных элементов основного каркаса Ленинского Мемориала (ЛМ) и Большого Зала Ленинского Мемориала (БЗЛМ):

- основные колонны ЛМ – трубобетонные трубы $\varnothing 820 \times 15$ (бетон марки М400)
- колонны под БЗЛМ – трубобетонные трубы $\varnothing 426 \times 20$ (бетон марки М400)
- главные балки ЛМ – составной двутавр (пояс 1500×32 , стенка 630×20)
- колонны ЛМ – составной двутавр (пояс 450×20 , стенка 800×20)
- балки БЗЛМ – составной двутавр (пояс 1000×25 , стенка 600×14)
- элементы стропильных ферм БЗЛМ – спаренный равнополочный уголок $250 \times 250 \times 20$
- прогоны стропильных ферм БЗЛМ – двутавр 16

В качестве нагрузок на несущие элементы каркаса принимались:

- масса ограждающей кирпичной стены по периметру здания с облицовочными мраморными плитами;
- на фасаде И-А между осями Г-В дополнительно принята нагрузка от панели со

скульптурной композицией массой 2 т и памятник В.И. Ленину в Торжественном Зале массой 15 т;

- нагрузки от плит перекрытия и покрытия с учётом собственного веса;
- нагрузка от кровельного покрытия;
- снеговая нагрузка.

Расчёты проводились для трёх схем нагружения с учётом требований [5]:

- по состоянию на момент ввода в эксплуатацию в 1970 году;
- по состоянию на текущий момент времени 2017 г.;
- по прогнозируемому состоянию через 25 лет с учётом сохранения скорости осадок колонн.

Для расчёта использовался программный комплекс Lira. В основу расчёта положен метод конечных элементов в перемещениях [6, 7]. Общее количество конечных элементов составило 2231.

Основной силовой каркас Ленинского Мемориала и БЗЛМ представляет собой пространственную рамную конструкцию, стропильные фермы – плоская ферма.

На рис. 7 представлена расчётная схема в разных проекциях.

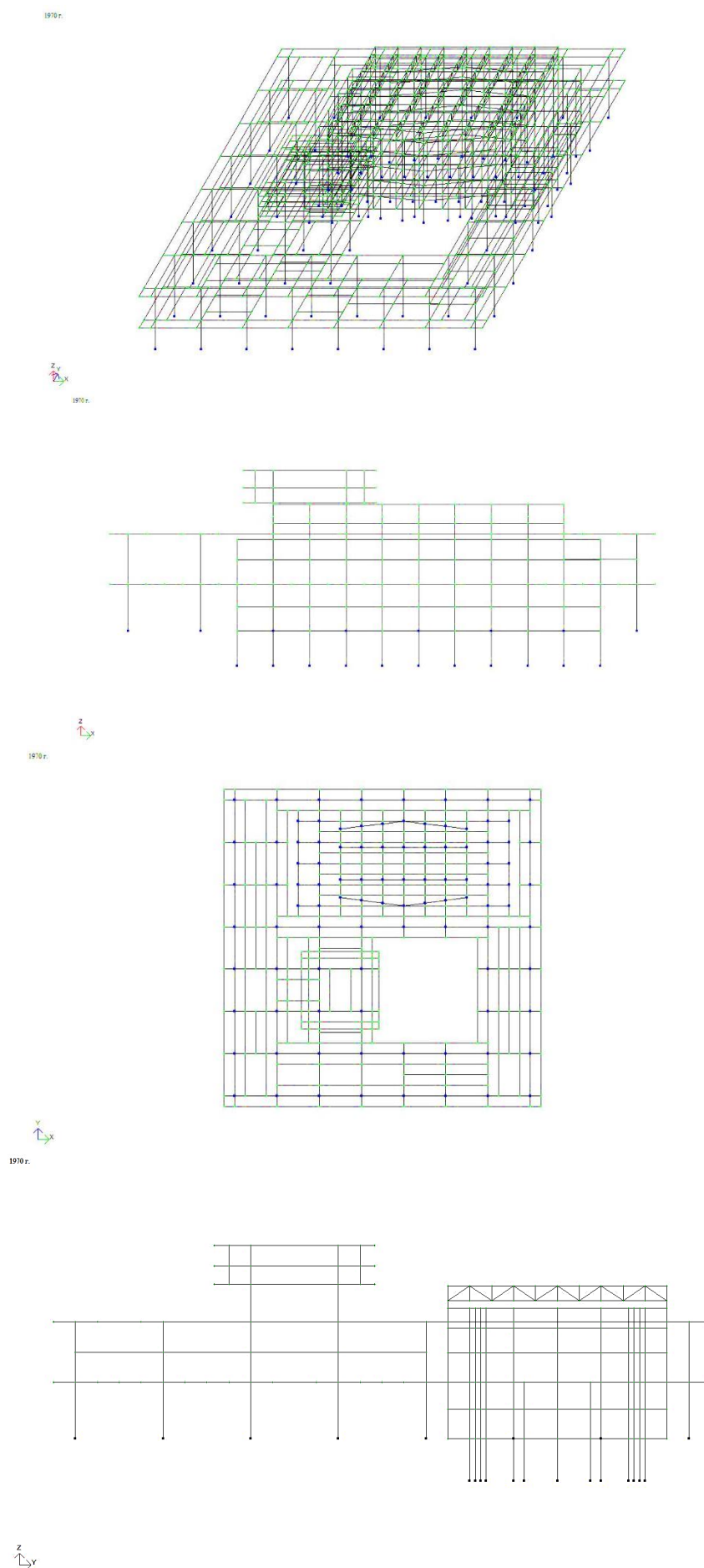


Рис. 7. Расчетная схема каркаса здания

Результаты расчёта показывают, что:

1. Напряжения в главных балках основного каркаса здания по состоянию на 2017 г. не превышают расчётных напряжений, но, приняв динамику прироста осадок основных колонн за 2014-2017 года в качестве базовой для расчета будущих осадок, к 2025 году напряжения в главной балке под Ленинским залом по оси 40 достигнут предельного расчетного сопротивления;

2. Максимальные горизонтальные отклонения от вертикальной оси верха колонны Ленинского Зала на пересечении осей Г-40 не превышают предельно установленные как по состоянию на 2017 г., также по состоянию на 2042 г.;

3. Максимальные вертикальные прогибы стропильных ферм БЗЛМ не превышают предельно установленные по состоянию на 2017 г., и не превысят в 2042 г.;

4. Предельные горизонтальные перемещения фасадов здания Ленинского Мемориала, облицованных мраморными плитами, при сохранении скорости осадок, наблюдаемых за период 2014 г. – 2017 г., не превысят предельно установленных по п. Е.2.4.1 [5], но следует наблюдать на участках между осями 10-20, 30-50, 70-80 на оси А0, как наиболее вероятных с точки зрения появления трещин, что потребует проводить более детальный анализ причин их образования как, например, в работе [8].

На основе анализа полученных данных сделаны следующие выводы:

В целом, несущий каркас здания Ленинского Мемориала выполняет свои функции восприятия всех проектных нагрузок и передачи их на фундамент. По состоянию на 2017 г. напряжения, вертикальные и горизонтальные перемещения в основных элементах каркаса не превышают своих расчётных и предельно установленных значений.

Вероятность развития осадок основных колонн может привести к изменению напряжённо-деформированного состояния каркаса здания, что требует ежегодного мониторинга деформаций.

Расчет фундаментов:

Расчет фундаментов здания производился с целью выявления текущего напряженно-деформированного состояния системы «здание – грунт основания», динамики его развития и выявления возможности безопасного продолжения жизненного цикла здания.

По исходным проектным данным сооружения были запроектированы фундаменты из буронабивных свай диаметром 1200 мм, предполагаемой длиной – 23,0 м, однако, затем проектной организацией было принято решение об уменьшении длины свай до 13,0 м, рис. 8.

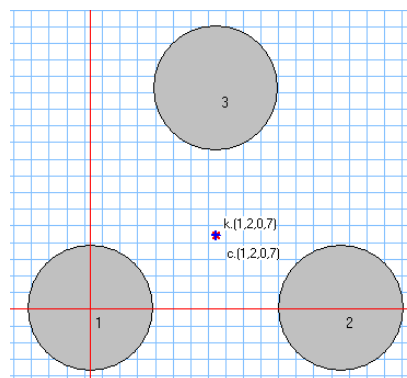


Рис. 8. Характерный фундамент из буронабивных свай. Расстояние между сваями $a = 1,2$ м.

Также, судя по архивным документам, для малонагруженных свайных фундаментов были приняты сваи С8-300 длиной 8 м, размером поперечного сечения 30×30 см., рис. 9.

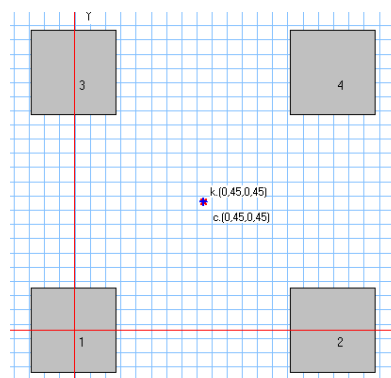


Рис. 9. Характерный фундамент из свай С8-300. Расстояние между сваями $a = 0,9$ м.

И сваи С10-300 длиной 10 м, размером поперечного сечения 30×30 см., рис. 10.

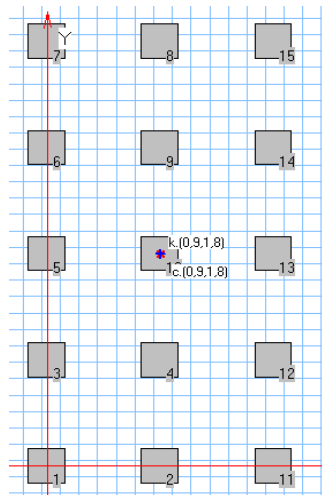


Рис. 10. Характерный фундамент из свай С10-300. Расстояние между сваями $a = 0,9$ м.

Первоначально рассматривалось возможное ухудшение физико-механических свойств грунтов, произошедшее со времени строительства.

Однако, как следует из данных инженерно-геологических изысканий ЗАО «Ульяновский

трест инженерно-строительных изысканий», значительного изменения физических и физико-механических свойств грунтов в пределах сжимаемой зоны основания здания Мемориального центра не произошло.

Также по данным различных источников, в частности главы 6 [9], в пределах существующих фундаментов при длительном их нагружении, часто происходит значительное улучшение физико-механических свойств, что должно было привести к улучшению состояния фундаментов в целом и стабилизации деформаций.

Был произведен расчет существующих фундаментов с целью исключения ошибок проектных решений.

Расчет производился на основе методик изложенным в действующем нормативном документе СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03–85».

При проведении расчетов несущей способности и осадок одиночных свай использовались табулированные и аналитические решения, приведенные в СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03–85», с построением математических моделей, описывающих механическое поведение свайных фундаментов для первого и второго предельного состояния.

Для уточнения данных, расчет осадок для второго предельного состояния проведен как в соответствии с требованиями СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03–85», так и СНиП 2.02.03–85 «Свайные фундаменты» использующих различные подходы к расчету осадок, а также различные значения предельных деформаций.

В результате расчета выявлено, что:

1. Свайный фундамент из буронабивных свай длиной 13,0 м., диаметром 1,2 м.

Условия расчета по несущей способности и деформациям выполняются.

2. Свайный фундамент из забивных свай С8-300 длиной 8 м, размером поперечного сечения 30×30 см.

Условия расчета по несущей способности и деформациям выполняются.

3. Свайный фундамент из забивных свай С10-300 длиной 10 м, размером поперечного сечения 30×30 см.

Условия расчета по несущей способности и деформациям выполняются.

На основе анализа полученных данных сделаны следующие выводы:

1. Несущая способность существующих свай достаточна для восприятия передаваемых нагрузок.

2. Осадки существующих свай не должны превышать максимально допустимые.

3. Некоторая неравномерность деформаций возможна за счет применения различных типов свай.

4. Превышение допустимых осадок свайных фундаментов происходит по причинам, не связанным с недостатками проектирования или изменения физико-механических свойств грунтов во времени.

5. Более точные результаты можно получить при комплексном обследовании Волжского оползневого склона с разработкой мероприятий по его дополнительной стабилизации, в том числе с учетом подходов изложенных в [10].

Выводы:

По результатам обследования конструкций объекта, расчета каркаса, инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий, сделаны следующие выводы и разработаны рекомендации по дальнейшей эксплуатации здания:

1. Техническое состояние фундаментов, стальных конструкций каркаса здания, железобетонных плит перекрытия обеспечивает возможность безопасной эксплуатации объекта по заявленному назначению допускается без ограничений. Требования безопасности по прочности и устойчивости конструкций в соответствии с критериями, приведенными в Федеральном законе 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» обеспечены.

В связи с тем, что уровень ответственности здания согласно п.8 ст. 4 Федерального закона 384-ФЗ повышенный. (Здание относится к охраняемым объектам, как памятник истории и культуры федерального значения), и сложными инженерно-геологическими условиями площадки строительства здания в соответствии с п. 4.3. ГОСТ 31937 за конструктивной схемой здания должен быть установлен режим постоянного мониторинга. Кроме того, так как участок вокруг здания имеет сложное инженерно-геологическое и гидрологическое строение и склонен к оползневым процессам, режим постоянного мониторинга рекомендуется установить также за прилегающей территорией, ограниченной улицами Спасская-Краснопролетарская-Новый Венец-Гимова.

2. Техническое состояние наружных кирпичных стен здания и витражей не обеспечивает возможность безопасной эксплуатации объекта. Существует реальная опасность создания аварийной ситуации.

Выявлено несоответствие стен здания нормативным требованиям ни по одному из

обязательных параметров, таких как: теплотехнические параметры, защита от влаги, обеспечение собственных прочностных и жесткостных характеристик, требования безопасности и эстетические требования.

Необходимо выполнить комплекс ремонтно-восстановительных работ по приведению наружных кирпичных стен здания, витражей и конструкций декоративной решетки в соответствие действующей нормативно-технической документации.

3. Техническое состояние кровли здания не обеспечивает возможность нормальной эксплуатации объекта. В целом, техническое состояние кровли в соответствии с классификацией п.3 ГОСТ 31937–2011 и п.3 СП 13-102-2003 аварийное.

4. Выявлено несоответствие кровли здания нормативным требованиям ни по одному из обязательных параметров, таких как теплотехнические параметры и защита от влаги.

Необходимо выполнить капитальный ремонт кровли с заменой утеплителя и организацией надежного водоотвода. Рекомендуются выполнить над балконом внутреннего двора здания (в пределах осей До-Бо, 20-70) облегченный навес, не нарушающий внешний вид фасадов здания, отводящий осадки от эксплуатируемой кровли над техническим этажом здания

5. Техническое состояние инженерных систем объекта, включая электрооборудование не обеспечивает возможность безопасной эксплуатации объекта. В целом, техническое состояние инженерных систем объекта в соответствии с классификацией п.3 ГОСТ 31937–2011 аварийное. Необходимо выполнить комплекс ремонтно-восстановительных работ по приведению инженерных систем здания в соответствие действующей нормативно-технической документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азизов З.К., Пьянков С.А., Гатауллин М.М. Геоэкологическое картографирование территории города Ульяновска // «Расчет и проекти-

рование современных строительных конструкций». Ученые записки междунар. семинара, Ульяновск. Изд-во УлГТУ, 2012. С. 40–44.

2. Азизов З.К., Пьянков С.А., Скрипченко И.В. История исследования оползней города Ульяновска // «Расчет и проектирование современных строительных конструкций». Ученые записки междунар. семинара, Ульяновск. Изд-во УлГТУ, 2014. С. 27–29.

3. Карсункин В.В., Азизов З.К. Особенности лессовидных суглинков и их влияние на строительство // «Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки»: Материалы междунар. науч.-практ. конф [Электронный ресурс]. г. Омск. Изд-во СиБАДИ, 2014. С. 177–179.

4. Азизов З.К., Карсункин В.В., Фатхутдинова К.Х. Риск опасных инженерно-геологических процессов и деформации зданий и сооружений в г.Ульяновске // «Строительная наука в 21 веке: теория, образование, практика, инновации по северо-арктическому региону». Междунар. конф. (Архангельск, 28-30 июня 2016 г.), г. Архангельск. Изд-во САФУ, 2016. С. 34–46.

5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*

6. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К. Изд-во «Факт», 2005. 344 с.

7. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. К.: Изд-во «Сталь», 2002. 600 с.

8. Ишук М.К. Причины дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки // Жилищное строительство. 2008. №3. С. 28–31.

9. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей редакцией Ильичева В.А. и Мангушева Р.А. М.: Изд-во АСВ, 2014. 728 с.

10. Храмцов Б.А., Ростовцева А.А., Лубенская О.А., Овчинников А.В., Кравченко А.С. Опыт по стабилизации оползневого склона в условиях городской застройки // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2015. №9(206), вып. 31. С. 138–142.

Информация об авторах

Тур Виталий Иванович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Архитектурно-строительное проектирование».

E-mail: v_tur@mail.ru

Ульяновский государственный технический университет.
Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

Карсункин Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство».

E-mail: vlavikar@mail.ru

Ульяновский государственный технический университет.
Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

Тур Алексей Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Архитектурно-строительное проектирование».

E-mail: a_tur87@mail.ru

Ульяновский государственный технический университет.
Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

Куканов Николай Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство».

E-mail: n.kukanov@ulstu.ru

Ульяновский государственный технический университет.
Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

Пьянков Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство».

E-mail: srg6502@mail.ru

Ульяновский государственный технический университет.
Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

Поступила в июне 2018 г.

© Тур В.И., Карсункин В.В., Тур А.В., Куканов Н.И., Пьянков С.А., 2018

Tur V.I., Karsunkin V.V., Tur A.V., Kukanov N.I., Piankov S.A.

COMPLEX TECHNICAL INSPECTION OF THE BUILDING OF THE V.I. LENIN'S MEMORIAL CENTER IN ULYANOVSK

The inspection of the building is caused by the problems that have arisen in operation due to a long period without preventive maintenance and repairs.

Geological surveys revealed dangerous factors complicating the operation of the building, namely flooding with underground waters, proximity to the slope of the landslide slope, the presence of a section of karst rocks, weathered marls. A lot of defects of external walls, roofing, engineering networks are revealed, which does not ensure the possibility of safe operation of the facility. The technical condition of the bearing structures of the building - foundations, steel frame structures, reinforced concrete slabs and coatings, meets the requirements for strength and structural stability in accordance with the criteria of the federal law 384-FZ. Recommendations are developed on the possibilities for further operation of the building.

Keywords: inspection of load-bearing and enclosing structures, geological and geodetic surveys, design of the frame.

REFERENCES

1. Azizov Z.K., Piyankov S.A., Gataullin M.M. Geo-ecological mapping of the territory of the city of Ulyanovsk. «Calculation and design of modern building structures». Proceedings of the international seminar. Ulyanovsk, UlSTU Publ., 2012, pp. 40–44.
2. Azizov Z.K., Piyankov S.A., Skripchenko I.V. History of the study of landslides in the city of Ulyanovsk. «Calculation and design of modern building structures». Proceedings of the international seminar. Ulyanovsk, UlSTU Publ., 2014, pp. 27–29.
3. Karsunkin V.V., Azizov Z.K. Features of loess-like loam and their impact on construction. Development of road transport and construction complexes and development of strategically important territories of Siberia and the Arctic: contribution of science Materials of the international scientific-practical conference. Omsk, 2014, pp. 177–179.
4. Azizov Z.K., Karsunkin V.V., Fathutdinova K.H. Risk of dangerous engineering-geological processes and deformation of buildings and structures in Ulyanovsk. International conference «Construction science in the 21st century: theory, education, practice, innovation in the North Arctic region». (Arhangelsk 28–30 June 2016), Arhangelsk, NArFU Publ, pp. 34–46.
5. SP 20.13330.2016. Loads and actions. Updated edition SNiP 2.01.07-85*.
6. Gorodetskiy A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. K.: Fakt Publ., 2005, 344 p.
7. Perelmutter A.V., Slivker V.I. Design models of structures and the possibility of their analysis. K.: Publ. Steel, 2002. 600 p.
8. Ishuk M.K. Causes of defects in exterior walls with a front layer of brickwork. House building, 2008, no. 3, pp. 28–31.
9. Handbook of geotechnical engineering. Foundations and underground structures. Under general editorship Iliechev V. A. and Mangushev R. A. M.: ASV, 2014.
10. Hramtsov B.A., Rostovtseva A.A., Lubenskaya O.A., Ovchinnikov A.V., Kravchenko A.S. The experience of stabilization of landslide slopes in urban areas. Scientific statements BelSU. Ser. Natural science, 2015, no. 9 (206), issue 31, pp. 138–142.

*Information about the author***Vitaly I. Tur**, DSc, Professor.

E-mail: v_tur@mail.ru

Ulyanovsk State Technical University.

Russia, 432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32.

Vladimir V. Karsunkin, PhD, Assistant professor.

E-mail: vlavikar@mail.ru

Ulyanovsk State Technical University.

Russia, 432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32.

Alexey V. Tur, PhD, Assistant professor.

E-mail: a_tur87@mail.ru

Ulyanovsk State Technical University.

Russia, 432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32.

Nikolai I. Kukanov, PhD, Assistant professor.

E-mail: n.kukanov@ulstu.ru

Ulyanovsk State Technical University.

Russia, 432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32.

Sergei A. Piankov, PhD, Assistant professor.

E-mail: srg6502@mail.ru

Ulyanovsk State Technical University.

Russia, 432027, Ulyanovsk, st. Severny Venets, 32.

*Received in June 2018***Для цитирования:**

Тур В.И., Карсункин В.В., Тур А.В., Куканов Н.И., Пьянков С.А. Комплексное техническое обследование здания Мемориального центра, сооруженного в честь 100-летия со дня рождения В.И. Ленина в г. Ульяновске // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 30–41. DOI: 10.12737/article_5bab4a196b3230.14624952

For citation:

Tur V.I., Karsunkin V.V., Tur A.V., Kukanov N.I., Piankov S.A. Complex technical inspection of the building of the V.I. Lenin's memorial center in Ulyanovsk. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 30–41. DOI: 10.12737/article_5bab4a196b3230.14624952

Коргин А.В., д-р техн. наук, проф.,
Романец В.А., аспирант,
Ермаков В.А., канд. техн. наук, доц.,
Зейд Килани Л.З., ст. препод.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье авторы рассматривают мировой опыт применения алюминиевых сплавов при строительстве и реконструкции мостов: мост через реку Сагений (Канада), подъёмный мост «Riekerhavenburg» (Нидерланды), Мост «Real Ferdinando» (Италия), подъёмный мост «Gateshead Millennium Bridge» (Англия), пешеходный мост в Камаре, «Коломенский мост» в Санкт-Петербурге и пешеходные мосты в Нижнем Новгороде. Представлены качества алюминиевых сплавов, выгодно отличающие их от других строительных материалов. Авторы рассмотрели технологию замены стале-железобетонных плит проезжей части мостов на алюминиевую плиту, что позволяет в несколько раз снизить вес конструкции при значительном увеличении грузоподъемности реконструируемого моста. Помимо ряда очевидных преимуществ мостов из алюминиевых сплавов, указаны факторы, сдерживающие их более широкое внедрение на территории Российской Федерации. Перечислены нормативные документы, действующие в США и странах Европейского Союза. Рассмотрена программа испытаний серии образцов из нескольких алюминиевых сплавов и полноразмерного пешеходного моста с целью определения характеристик этих материалов.

Применение алюминиевых сплавов в строительстве мостов является выгодным с коммерческой точки зрения, снизит влияние операций технического обслуживания конструкций на окружающую среду, приведет к минимизации потребления материалов.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, строительство мостов, реконструкция, нормативная документация, обзор.

Введение: Одной из важнейших современных тенденций развития промышленности и строительства является все более расширяющееся использование современных инновационных материалов и технологий. К таким материалам, безусловно, относится алюминий [1, 2], по праву носящий название «материал 21-го века», находящий широчайшее применение во многих сферах промышленного производства. Так, например, алюминий и сплавы на его основе, на сегодняшний день, широко применяются в авиационной, электротехнической, автомобильной, транспортной и строительной отрасли (конструкции покрытий не подверженные циклической нагрузке).

Данные сферы применения обусловлены качествами, выгодно отличающими алюминий от других материалов:

- низкий удельный вес (треть от удельного веса стали);
- высокая удельная прочность – превосходящая сталь и бетон;
- высокие показатели вязкости разрушения;
- повышенная сейсмостойкость конструкций как следствие уменьшения веса и более высокой демпфирующей способности при сравнительно низком модуле Юнга;

- отличная прессуемость алюминия позволяет получать строительный профиль практически любой формы, обеспечивающей оптимальное размещение металла в зонах с наиболее высокой нагрузкой;

- превосходная коррозионная стойкость отдельных сплавов в агрессивных условиях дорожных реагентов и атмосферных осадков избавляет от необходимости периодического окрашивания конструкций;

- легкость производства крупногабаритных широких панелей требуемой длины позволяет вынести сборку конструкций за пределы стройплощадки, что позволит значительно сэкономить время монтажа конструкций;

- высокая доходность утилизации при минимальных потерях.

При данных очевидных преимуществах, тем не менее, алюминий и сплавы на его основе обладают рядом недостатков:

- повышенная деформативность конструкций за счет низкого модуля упругости;
- пониженная сопротивляемость усталостным разрушениям при динамическом характере воздействий;
- повышенная чувствительность алюминиевых сплавов к концентрации напряжений;

- риск гальванической коррозии в зонах контакта со стальными элементами конструкций.

Сопоставление преимуществ и недостатков алюминиевых сплавов показывает, что применение данных материалов возможно в области пролетных строений и мостов.

Обзор алюминиевых мостов за рубежом:

Значительная доля строительства мостов из алюминиевых сплавов за рубежом [3–8] говорит о том, что применение указанных материалов прошло проверку временем и доказало свою целесообразность.

Первый полностью алюминиевый мост в США был построен в 1946 году через реку Грасс компанией Alcoa Inc. Целью строительства являлась демонстрация возможности использования алюминиевых сплавов при строительстве мостов. В Канаде первый алюминиевый мост был возведен через реку Сагэней в 1950 году (фото 1).

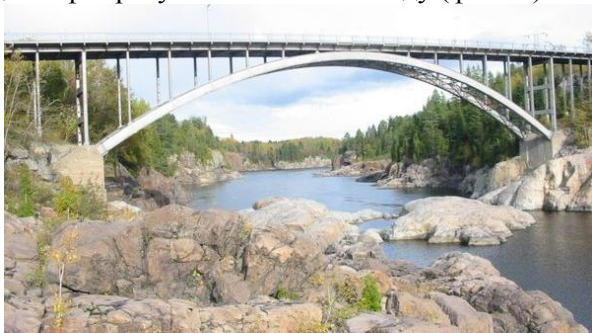


Фото 1. Мост через реку Сагэней

Другие примеры современных полностью алюминиевых автомобильных мостов, как правило, предназначены для специальных случаев, когда малый вес особенно важен для получения успешной конструкции. К их числу относятся подъемные (или разводные) мосты, например, мост Riekerhavenburg, построенный в Нидерландах в 2003 году (фото 2, 3), плавучие мосты и подвижные мосты для спасательных и военных целей.



Фото 2. Плавучая переправа

Примером применения алюминиевых сплавов при проведении реконструкции является автомобильный подвесной мост «Real Ferdinando», расположенный в Италии, в котором продольные и поперечные балки настила были заменены на

балки из сплавов 7020T6 и 6060T6 соответственно (фото 4).



Фото 3. Подъемный мост Riekerhavenburg в Нидерландах



Фото 4. Мост «Real Ferdinando», Италия

Тенденция развития экологически чистых видов транспорта в Европе и Северной Америке привела к разработке алюминиевых пешеходных мостов с велосипедными дорожками. В первую очередь, сюда относится оригинальный подвесной мост через р. Тайн около г. Ньюкасла в Англии (Gateshead Millennium Bridge).

Мост, конструкция которого весит 800 т, предназначен для движения пешеходов и велосипедов в крупнейший английский культурно – развлекательный комплекс. Алюминиевое полотно моста и стальная несущая конструкция, к которой подвешено полотно, представляют собой дуги, расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях. Для пропуска морских судов обе дуги моста поворачиваются на 45° относительно горизонтальной оси (фото 5).

Полностью из алюминиевого сплава был построен пешеходный мост пролётом 80 м в городе Доха, Катар (фото 6).



Фото 5. Подъемный мост Gateshead Millennium Bridge, Англия:

а – положение моста для движения пешеходов и велосипедистов; *б* – положение моста для движения судов



Фото 6. Пешеходный мост, Катар

Обзор нормативных документов: Увеличение объемов строительства мостов за рубежом обусловлено принятием нормативных документов для проектирования. Так, например, нормативным документом в США регламентирующим правила проектирования мостов из алюминиевых сплавов является AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Раздел по проектированию из алюминиевых сплавов был внесен в 2007 году.

Канадский норматив CAN/CSA-S6 (Canadian Highway Bridge Design Code – Проектирование автодорожных мостов) осенью 2011 года был дополнен приложением «Алюминиевые конструкции».

В странах Европейского союза, на данный момент, для проектирования мостов из алюминиевых сплавов используются Еврокод EN 1999-1-3.

Основной причиной отсутствия широкого распространения строительства мостов из алюминиевых сплавов в Российской Федерации [9] от зарубежных стран является отсутствие нормативной документации, регламентирующей проектирование таких мостов.

Необходимость разработки специальных технических условий (СТУ) для каждого объекта затрудняет массовое внедрение алюминиевых сплавов в мостостроение в нашей стране.

Обзор алюминиевых мостов в РФ: Существует опыт применения алюминиевого сплава при строительстве пешеходного моста в СССР. Строительство осуществлялось в 1968–1969 гг. Данный мост существует в настоящее время, он пересекает канал Грибоедова в г. Санкт-Петербург (Коломенский мост) (фото 7).



Фото 7. Коломенский мост

В 2017 году были установлены пешеходные мосты из алюминиевых сплавов в Нижегородской области (фото 8).

Сборка мостов производилась на заводе металлоконструкций и, благодаря небольшому весу, они монтировались путем установки готовых пролетов в проектное положение.



Фото 8. Монтаж пешеходного моста, 2017 год

Выводы: Легкие алюминиевые конструкции могут найти применение не только при строительстве новых мостов, но и при реконструкции или расширении существующих [10, 11, 12]. Например, государственные программы «Развитие индустрии отдыха и туризма на 2012-2018 годы» и «Развитие транспортной системы» включают в себя программу развития велоинфра-

структуры в г. Москва. Основываясь на зарубежном опыте, можно утверждать, что дополнительное устройство велосипедных полос на действующих автомобильных мостах приведет к образованию новых велосипедных маршрутов, и, как следствие, к развитию велоинфраструктуры в городе. Принципиальная схема такого устройства велодорожек представлена на рис. 9.

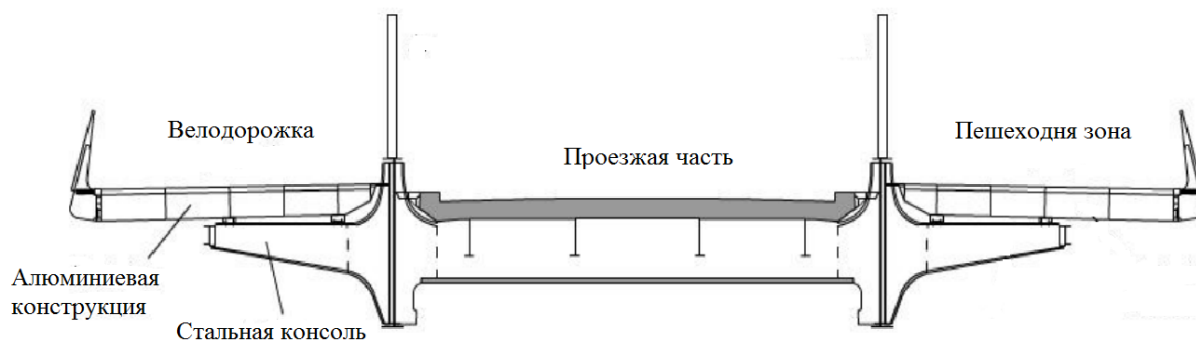


Рис. 9. Схема реконструкции автомобильных мостов с устройством велодорожек

Важной особенностью использования алюминиевых сплавов при реконструкции существующих мостов является технология замены сталежелезобетонных плит проезжей части на алюминиевую плиту [13], что позволяет в несколько раз снизить вес конструкции при значительном увеличении грузоподъемности реконструируемого моста.

Наиболее совершенной готовой конструкцией полотна моста является конструкция, разработанная на основе ортотропной панели компаниями Reynolds (RMC – входит в компанию Alcoa) и High Steel Structures (HSS), носящая фирменное название Alumodeck (рис. 10).



Рис. 10. Ортотропная панель системы Alumodeck

Прессованные панели [14, 15] из сплава 6061T6 сваривают в секции. Рабочую поверхность проезжей части покрывают синтетической смолой с песчаным наполнителем, что обеспечивает снижение удельной «мертвой» нагрузки до 80 кг/м².

Внедрение алюминиевых сплавов при строительстве мостов в сетях автодорог будет способствовать развитию транспортной системы России, от которой, в свою очередь, зависит рост

ВВП. Применение алюминиевых сплавов позволит оперативно возводить и реконструировать мосты, в местах труднодоступных для размещения большого количества строительной техники, проводить монтаж или реконструкцию мостов на загруженных трассах без длительного перекрытия движения транспорта.

Конструкции из алюминиевых сплавов могут найти применение при реконструкции мостов с железобетонным полотном. Применение современных дорожных плит из алюминиевых сплавов значительно снизит собственный вес дорожного полотна, что в некоторых случаях позволит произвести расширение проезжей части.

Однако, помимо ряда очевидных преимуществ мостов из алюминиевых сплавов, существуют факторы, сдерживающие их более широкое внедрение. Помимо особенностей, усложняющих проектирование и реализацию узловых соединений алюминиевых конструкций, и отсутствия большого количества высококвалифицированных специалистов, весомой причиной является отсутствие нормативно-технической базы, позволяющей проектировать мосты из алюминиевых сплавов.

Одной из основных причин отсутствия, на сегодняшний день, отечественной нормативной документации по проектированию мостов из алюминиевых сплавов является недостаточный объем экспериментальных исследований по таким, важным для мостостроения, свойствам материалов, как усталостные характеристики, чувствительность к концентрации напряжений.

По инициативе Алюминиевой Ассоциации и ОК «РУСАЛ» на базе НИУ МГСУ ведется разработка свода правил «Мосты с конструкциями из

алюминиевых сплавов. Правила проектирования».

Документ восполнит пробелы в существующих нормативах (СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»), представит методику расчета конструкций из алюминиевых сплавов на усталость для возможности их применения в мостовых сооружениях, и, как следствие, вызовет увеличение объемов проектирования и строительства на территории России.

Для разработки данного документа была составлена программа испытаний серии образцов из нескольких алюминиевых сплавов и полноразмерного пешеходного моста.

Испытания образцов включают в себя:

- испытания на растяжение;
- испытания на ударный изгиб;
- испытания для оценки трещиностойкости;
- испытания на усталость.

Как наиболее перспективные для использования в мостостроении, для исследования выбрано 3 алюминиевых сплава:

1. Сплав АД35 системы Al-Mg-Si;
2. Сплав 1915Т системы Al-Zn-Mg;
3. Сплав 1565Ч системы Al-Mg.

Результаты испытаний позволят сделать выводы о работе этих материалов при усталостных нагрузках и влиянии концентраторов напряжений, характерных для мостовых сооружений.

Применение алюминиевых сплавов в строительстве мостов является выгодным с коммерческой точки зрения, снизит влияние операций технического обслуживания конструкций на окружающую среду, приведет к минимизации потребления материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гросу Р.А. Перспективы применения сталеалюминевых конструкций в мостостроении // В сборнике: Перспективные материалы в строительстве и технике (ПМСТ-2014) Материалы Международной научной конференции молодых ученых, Томск, 2014, С. 383–390.

2. Горбунов Ю.А. Глубокая переработка алюминиевых сплавов в РФ и возможности ее развития в Красноярском крае // Журнал сибирского федерального университета. Серия:

техника и технологии. 2016. №7. С. 1120–1130.

3. Road and pedestrian bridges in aluminium, Executive Summary, Report on visits and meetings in Sweden, Holland, and the United States, Aluminium Association of Canada, 2015.

4. Siwowski T., Aluminium bridges – Past, Present and Future, Structural Engineering International. 2006. Vol. 4. Pp. 286–293.

5. Hoglund T., Nilsson L. Aluminium in Bridge Decks and in a New Military Bridge in Sweden, Structural Eng. Int. 2006. № 4. Pp. 348–351

6. Das S.K., Kaufman J.G., Aluminium alloys for bridges and bridge decks. The Minerals, Metals & materials Society. 2007. Pp. 61–72.

7. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Буреев А.К., Применение принципа тренсегрити для создания мостовых конструкций часть 2. Примеры мостов – тренсегрити // транспортные сооружения. 2017. №3 URL: <https://t-s.today/01TS317.html>

8. Yang Zhang, Jun Feng Qiu, Hei Bai. Application and research progress of aluminum alloy bridge decks, Key Engineering Materials. 2012. Pp. 763–770.

9. Трищенко В.И. Алюминиевые мосты: спрос отстает от предложения // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 5 (72). С. 73–78.

10. Osman Hag-Elsafi and Screenivas Alampali, “Cost Effective Rehabilitation of two Aluminum Bridges on Long Island, New York, “Practice Periodical on Structural Design and construction“, August. 2002. Pp. 11–17.

11. Doksanovic T., Dzeba I., Markulak D. Applications of Aluminium Alloys in Civil Engineering, Tehnicki Vjestnik Tech. Gazzete. 2017. Pp. 1609–1618

12. Siwowski T. Structural behavior of aluminium bridge deck panels. Engineering structures. 2009. Vol. 31. Pp. 1349–1353.

13. Siwowski T. Test and finite element Analysis of an “Aluminium Lightweight Concrete” Composite Girder, structural Engineering. International. 2006. Vol. 16. Pp. 319–325.

14. Siwowski T., Lakota W. Numerical and experimental dynamic analysis of aluminium bridge deck panel. Archives of Civil Engineering. 2005. Vol. 51. Pp. 587–607.

15. Siwowski T. FEM modelling and analysis of a certain aluminium bridge deck panel Archives of civil engineering. 2009. Vol. 3. Pp. 347–365.

Информация об авторах

Коргин Андрей Валентинович, доктор технических наук, профессор образовательного сектора НОЦ Испытание сооружений.

E-mail: korguine@mgsu.ru

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Романец Владимир Анатольевич, аспирант образовательного сектора НОЦ Испытание сооружений.

E-mail: Ivolodia@mail.ru

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Ермаков Валентин Алексеевич, кандидат технических наук, доцент образовательного сектора НОЦ Испытание сооружений.

E-mail: ermakov@mgsu.ru

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Зейд Килани Лейс Зейдович, старший преподаватель образовательного сектора НОЦ Испытание сооружений.

E-mail: lostprojekt@gmail.com

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в мае 2018 г.

© Коргин А.В., Романец В.А., Ермаков В.А., Зейд Килани Л.З., 2018

Korgin A.V., Romanets V.A., Ermakov V.A., Zeyd Kilani L.Z.

PROSPECTS AND PROBLEMS OF USING ALUMINUM ALLOYS IN THE CONSTRUCTION OF BRIDGES IN THE RUSSIAN FEDERATION

In the article, authors consider the world experience of using aluminum alloys in the construction and reconstruction of bridges: a bridge over the Saguenay River (Canada), the Riekerhavenburg lift bridge (Netherlands), the Real Ferdinando Bridge (Italy), the Gateshead Millennium Bridge (England) lift bridge, the Qatar pedestrian bridge, the "Kolomenski" Bridge in St. Petersburg and pedestrian bridges in Nizhny Novgorod. Advantages of Aluminum alloys properties over other materials are presented. The authors considered the technology of substituting steel reinforced concrete slabs for carriageway bridges on an aluminum plate, which allows reducing the weight of the structure and significantly increase in the lifting capacity of the reconstructed bridge. In addition to a number of obvious advantages of aluminum bridges, there are factors that do not allow their wide introduction on the territory of the Russian Federation. Current United States and European codes were analyzed. For determining properties of an aluminum alloys a testing program for a series of samples and a full-sized pedestrian bridge a testing program was compiled. The use of aluminum alloys in the construction of bridges is profitable from a commercial point of view, will reduce the impact of maintenance operations on the environment, leading to a minimization of the consumption of materials.

Keywords: review, aluminum alloys, construction of bridges, reconstruction, regulatory documentation.

REFERENCES

1. Groce R.A. The prospects of application of stalealuminevy designs in a bridge building. In the collection: Perspective materials in construction and the equipment (PMST-2014) Materials of the International scientific conference of young scientists, Tomsk, 2014, pp. 383–390.
2. Gorbunov Ju.A. Deep processing of aluminum alloys in Russia and possibilities of its development in the Krasnoyarsk territory. J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol., 2016, no. 7, pp. 1120–1130.
3. Road and pedestrian bridges in aluminium, Executive Summary, Report on visits and meetings in Sweden, Holland, and the United States, Aluminium Association of Canada, 2015.
4. Siwowski T., Aluminium bridges – Past, Present and Future, Structural Engineering International, 2006, vol. 4, pp. 286–293.
5. Hoglund T., Nilsson L. Aluminium in Bridge Decks and in a New Military Bridge in Sweden, Structural Eng. Int, 2006, no. 4, pp. 348–351.
6. Das S.K., Kaufman J.G., Aluminium alloys for bridges and bridge decks. The Minerals, Metals & materials Society, 2007, pp. 61–72.
7. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Bureev A.K. Application of a tensegrity principle for creating bridge structures. Part 2. The "tensegrity" system overview. Russian journal of transport engineering, 2017, vol. 4, no. 3. Available at: <http://t-s.today/PDF/01TS317.pdf> (In Russ.) DOI: 10.15862/01TS317
8. Yang Zhang, Jun Feng Qiu, Hei Bai. Application and research progress of aluminum alloy bridge decks. Key Engineering Materials, 2012, pp. 763–770.
9. Trishchenko V.I. Aluminium bridges: demand is behind the supply. Transport Rossijskoj Federacii, 2017, no. 5 (72), pp. 73–78.
10. Osman Hag-Elsafi and Screenivas Alampali, "Cost Effective Rehabilitation of two Aluminum Bridges on Long Island, New York, "Practice Periodical on Structural Design and construction", August, 2002, pp. 11–17.

11. Doksanovic T., Dzeba I., Markulak D. Applications of Aluminium Alloys in Civil Engineering, Tehnicki Vjestnik Tech. Gazzete, 2017, pp. 1609–1618.

12. Siwowski T. Structural behavior of aluminium bridge deck panels. Engineering structures, 2009, vol. 31, pp. 1349–1353.

13. Siwowski T. Test and finite element Analysis of an “Aluminium Lightweight Concrete”

Composite Girder, structural Engineering. International, 2006, vol. 16, pp. 319–325.

14. Siwowski T., Lakota W. Numerical and experimental dynamic analysis of aluminium bridge deck panel. Archives of Civil Engineering, 2005, vol. 51, pp. 587–607.

15. Siwowski T. FEM modelling and analysis of a certain aluminium bridge deck panel Archives of civil engineering. 2009, vol. 3, pp. 347–365.

Information about the author

Andrey V. Korgin, PhD, Professor.

E-mail: korguine@mgsu.ru

Moscow State University of Civil Engineering National Research University.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Vladimir A. Romanets, Postgraduate student.

E-mail: Ivolodia@mail.ru

Moscow State University of Civil Engineering National Research University.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Valentin A. Ermakov, PhD, Assistant professor

E-mail: ermakov@mgsu.ru

Moscow State University of Civil Engineering National Research University.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Laith Z. Zeyd Kilani, Senior lecturer.

E-mail: lostprojekt@gmail.com

Moscow State University of Civil Engineering National Research University.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Received in May 2018

Для цитирования:

Коргин А.В., Романец В.А., Ермаков В.А., Зейд Килани Л.З. Перспективы и проблемы применения алюминиевых сплавов при строительстве мостов в Российской Федерации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 42–48. DOI: 10.12737/article_5bab4a1a42eee3.23235487

For citation:

Korgin A.V., Romanets V.A., Ermakov V.A., Zeyd Kilani L.Z. Prospects and problems of using aluminum alloys in the construction of bridges in the russian federation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 42–48. DOI: 10.12737/article_5bab4a1a42eee3.23235487

¹Былин И.П., доц.,²Храмцов Б.А., канд. техн. наук, доц.,²Бакарас М.В., аспирант,²Кравченко А.С., аспирант,²Корнейчук М.А., аспирант¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТВАЛОВ РЫХЛОЙ ВСКРЫШИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗОЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕГИОНЕ КМА

Данная статья посвящена проблемам формирования отвалов рыхлой вскрыши железорудных карьеров, которые являются сырьевой базой строительства в регионе КМА. В статье рассмотрена актуальность проблемы размещения и оптимизации параметров отвалов, связанная с увеличением объемов добычи железной руды открытым способом, приведены горнотехнические характеристики отвалов железорудных карьеров КМА. Дана характеристика нарушения устойчивости откосов при разработке карьеров, а также параметры крупных оползней, произошедших на отвалах в России за последние 25 лет. На основе горнотехнических характеристик отвалов карьеров разработан комплекс программ для расчета различных геомеханических схем, используемых для определения безопасных параметров откосов отвалов на месторождениях, разрабатываемых открытым способом. Приведены сведения об апробации комплекса программ для решения вопросов рационального использования земель промышленной безопасности и охраны окружающей среды при разработке железорудных карьеров и карьеров строительной индустрии региона КМА.

Ключевые слова: сырьевая база строительства, отвал рыхлой вскрыши, осадочные породы, скальные породы, параметры откосов, характеристики отвалов, оползневые процессы, откос, уступ.

В настоящее время в Российской Федерации в регионе КМА добывается около 60 % железной руды. За последние 15 лет мощность железорудных карьеров АО «Стойленский ГОК», АО «Лебединский ГОК», и АО «Михайловский ГОК» увеличилась практически в два раза, в связи с этим увеличился объем пород вскрыши, которые используются в качестве сырьевой базы строительной индустрии в регионе КМА.

При наблюдаемой тенденции увеличения объемов добычи железной руды открытым способом, все большую актуальность приобретает эффективность отвалообразования, которая предусматривает транспортировку и размещение в пределах земельного отвода пород вскрыши и некондиционных попутно добываемых полезных ископаемых.

На железорудных карьерах КМА объем разрабатываемых вскрышных пород превышает 150 млн. м³ в год. Проблемы размещения и оптимизации безопасных параметров отвалов и их устойчивости в настоящий период времени является важной и актуальной проблемой, от успешного решения которой зависят не только технико-экономические показатели работы ГОКов, но и охрана недр и окружающей среды, а также рациональное использование земель.

В настоящее время методы управления отвалами, обеспечивающими безопасность ведения

горных работ, развиваются по нескольким направлениям, среди которых можно выделить два: технологическое и геомеханическое. Технологическое направление устанавливает параметры отвалов (высота, ширина, длина, угол наклона откосов ярусов, генеральный угол наклона отвала) в зависимости от размеров применяемого оборудования в технологии отвалообразования, схемы отсыпки и возведения отвалов. При этом в расчетах, как правило, используется только одна характеристика отсыпаемых горных пород и грунтов – коэффициент остаточного разрыхления. Поэтому выбор параметров отвалов бескомплексной оценки их устойчивости зачастую приводит к ошибочным или малоэффективным техническим решениям при формировании отвалов.

Исходя из горнотехнических характеристик отвалов железорудных карьеров КМА (табл. 1) следует, что диапазон предельных высот отвалов довольно широкий (от 45 до 172 м при высоте ярусов от 15 до 49 м). Углы откосов ярусов и отвалов изменяются от 5° до 38°. Для железорудных месторождений КМА, разрабатываемых открытым способом, характерно наличие пород разной прочности, изменяющейся в широком диапазоне. Осадочные породы составляют около 55 % и имеют широкое распространение, прочность ко-

торых изменяется от 0,1 МПа до 5,0 МПа. Скальные породы составляют 45 % и имеют предел прочности при одноосном сжатии от 10 МПа до 180 МПа.

Наличие равномерного распределения осадочных и скальных пород, как по площади, так и по глубине железорудных месторождений КМА позволяет формировать техногенные массивы отвалов практически однородной по прочности массой для отвалов рыхлой вскрыши и отвалов скальной вскрыши. Поэтому для каждого тапа породы наблюдается незначительный разброс величин параметров откосов (см. табл. 1). Для рыхлых пород высота ярусов отвалов составляет 15–20 м, а угол наклона откоса 33°. Для скальных пород высота ярусов изменяется от 15 до 30 м, а угол наклона откоса составляет 38°.

На железорудных карьерах КМА наибольшее распространение получило экскаваторное отвалообразование с использованием экскаваторов типа механических лопат и драглайнов.

Шагающие драглайны используются для отвалообразования и при железнодорожном и автомобильном транспорте на карьерах со сложным рельефом местности, когда под отвалы отводятся старые гидроотвалы, заболоченные озера, старые русла рек.

Опыт показывает, что схемы отвалообразования драглайнами при использовании автомобильного транспорта очень эффективны при выделении под отвалы площадей со слабыми и наклонными основаниями.

Таблица 1

Горнотехническая характеристика отвалов железорудных карьеров КМА

№ п/п	Название отвала, предприятия	Способ отвалообразования, вид и тип транспортных средств	Параметры отвалов			
			Высота, м		Угол откоса, град	
			Отвала	Яруса	Отвала	Яруса
1	АО «Стойленский ГОК» Северный отвал (смешанные породы)	Экскаваторный (ЭКГ-8УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 (НП-1) и 2ВС-105	60	23	20	33
2	АО «Стойленский ГОК» Южный отвал (смешанные породы)	Экскаваторный (ЭКГ-8УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 (НП-1) и 2ВС-105	130	23	33	33
3	АО «Стойленский ГОК» Отвал «Стрелица» (рыхлые породы)	Бульдозерный с автотранспортом БелАЗ-7555	72	20	19	30
4	АО «Стойленский ГОК» Спецотвал мела №3	Отвалообразователем ЗР-5500 с конвейерным транспортом	52	49	24	30
5	АО «Стойленский ГОК» Отвал окисленных кварцитов	Экскаваторный (ЭКГ-8УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 (НП-1) и 2ВС-105	45	20	35	38
6	АО «Лебединский ГОК» Отвал №1 (скальные породы)	Экскаваторный (ЭКГ-6,3УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 и 2ВС-105	75÷100	15÷30	15÷26	38
7	АО «Лебединский ГОК» Отвал №2 (рыхлые породы)	Экскаваторный (ЭКГ-6,3УС) с ж.д. транспортом ОПЭ-1 и 2ВС-105	105÷172	15÷20	10÷18	33
8	АО «Михайловский ГОК» Отвал вскрыши №7	Экскаваторный, с ж.д. транспортом	60-75	15-20	5-7	33

Начиная с 60-х годов XX столетия успешно, развивается второе (геомеханическое) направление в решении проблемы управления устойчивостью откосов на карьерах и отвалах. Существенный вклад в решение этой проблемы внесли отечественные ученые – Г.Л. Фисенко [1], П.Н. Панюков, А.И. Ильин, А.М. Гальперин, В.И. Стрельцов [2], И.И. Попов, Р.П. Окатов [3], М.Е. Певзнер [4], М.А. Ревазов, А.М. Демин [5], В.Г. Зотеев, В.Т. Сапожников [6], В.Н. Попов, П.С. Шпаков [7], Ю.И. Кутепов, Б.Д. Половов [8],

Ю.И. Туринцев, В.А. Гордеев [9], Т.К. Пустовойтова, А.М. Мочалов, О.Ю. Крячко [10], Ю.С. Козлов [11], В.П. Будков [12], Ф.К. Незамединов, А.В. Киянец, Ю.Д. Рыбалкин и другие.

В подавляющем большинстве авторами рассматривались вопросы геомеханического обоснования параметров отвалов в различных горно-геологических условиях их формирования в тесной увязке с технологиями отвалообразования и

охраной окружающей среды, а также были разработаны методы эквивалентного моделирования при исследовании устойчивости склона [13].

В настоящее время разработано более 100 методов расчета устойчивости откосов, которые успешно применяются при разработке проектных решений при разработке полезных ископаемых открытым способом в России и за рубежом.

Однако, как показывает практика, в России и странах СНГ ежегодно на железорудных карьерах происходит более 100 нарушений устойчивости откосов. По данным А.И. Ильина среди случаев нарушения устойчивости откосов на железорудных карьерах оползни составляют 42,7 %, обрушения – 20,6 %, осыпи – 14,7 %, оплывины и просадки – по 10 %. При этом 75 % деформаций откосов происходит в слабых песчано-глинистых породах, 25 % – в скальных и полускальных выветрелых и трещиноватых породах. На устойчивость откосов наибольшее влияние оказывают подземные и поверхностные

воды – 49,8 %, недостаточная геологическая изученность и, как следствие, неверно выбранные параметры откосов – 15,4 %, отсутствие заоткоски уступов – 10 %, отклонение от проектных параметров – 8 %, процессы выветривания и климатические условия – 7,7 %, прочие причины – 3,8 %.

Нарушения устойчивости откосов отвалов приводят к мощным оползневым процессам (табл. 2). Причинами этого служит несоответствие основных технологических параметров отвалов, таких как: высота ярусов, углы наклона откосов отвалов, длина рабочего фронта и его скорости подвигания, порядка отсыпки в пространстве и во времени, а также несоответствие способа отвалообразования, конкретным инженерно-геологическим условиям, обуславливающим прочность породных масс отвалов и их оснований.

Таблица 2

Нарушения устойчивости откосов отвалов

№ п/п	Местоположение оползня	Объем, млн. м ³	Год
1	Внешний отвал Норильского ГМК, Россия	60,0	1992
2	Внешний отвал №7 АО «Михайловский ГОК», Россия	20,0	1997
3	Внутренний отвал разреза «Павловский-2», Россия	1,7	2003
4	Внутренний отвал разреза «Северная депрессия», Россия	3,0	2005
5	Внешний отвал №7 АО «Михайловский ГОК», Россия	20,0	2015

В НИУ «БелГУ» разработан комплекс программ для выбора безопасных параметров откосов (Otkos1. Расчет безопасных параметров откосов Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008615512; Otkos.log1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616344; Slope Stability Calculator Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ), которые позволили построить графики зависимостей условной высоты откоса H' от угла откоса наклона α и условной ширины призмы возможного обрушения призмы B' от условной высоты откоса H' и определить области использования методов расчета для различных геомеханических схем [14]. Графические зависимости построены для коэффициентов запаса устойчивости n_3 от 1,0; 1,5; 1,2; 1,3; 1,5; 2,0. Разработан графо-аналитический метод определения физико-механических свойств пород слагающих откосы отвалов, который основан на результатах обработки оползней, произошедших на отвалах рыхлой вскрыши железорудных карьеров КМА, и аналитический метод определения безопасных параметров откосов отвалов на слабом наклонном основании [15].

Все вышеперечисленные методы выбора безопасных параметров откосов были апробированы при составлении проектов по формированию отвалов рыхлой вскрыши АО «Стойленский ГОК», АО «Лебединский ГОК», АО «Михайловский ГОК», а также при разработке экспертных заключений по промышленной безопасности железорудных карьеров и карьеров строительной индустрии в регионе КМА.

Разработанные методы позволяют управлять устойчивостью откосов уступов при строительстве, эксплуатации, реконструкции и рекультивации отвалов рыхлой вскрыши при разработке месторождений полезных ископаемых, осуществлять мероприятия направленные на повышение безопасности при производстве горных работ, охрану окружающей среды и рациональное использование земельных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 377 с.
2. Ильин А.И., Гальперин А.М., Стрельцов В.И. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. М.: Недра, 1985. 248 с.

3. Попов И.И., Акатов Р.П. Борьба с оползнями на карьерах. М.: Недра, 1980. 240 с.
4. Певзнер М.Е. Борьба с деформациями горных пород на карьерах. М.: Недра, 1978. 265 с.
5. Демин А.Н. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. М.: Недра, 1973. 232 с.
6. Сапожников В.Т. Решение задачи об откосе выпуклого профиля // Труды ВНИМИ. 1960. № 38. С. 41–53.
7. Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов: Учебник для вузов. М.: Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2008. 683 с.
8. Половов Б.Д. Решение задач устойчивости откосов в условиях риска // Известия вузов. Горный журнал. 1981. № 4. С. 30–33.
9. Туринцев Ю.И., Половов Б.Д., Гордеев В.А. Геомеханические процессы на открытых горных работах. Свддрловск, 1984. 56 с.
10. Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ. М.: Недра, 1989. 255 с.
11. Козлов Ю.С. Определение параметров призмы возможного обрушения в откосах уступов, бортов карьеров и отвалах // ФТПРПИ. 1972. № 4. С. 73–76.
12. Будков В.П. О построении борта карьера выпуклого профиля // Труды ЦНИИ. 1965. № 5. С. 114–124.
13. Reik G., Teutsch Chr / The Use of Equivalent Models in Slope Stability Investigation // Int. J. Rock. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 1976. Vol. 13. Pp. 321–330.
14. Храмцов Б.А., Абдул Батен Абдул Захир, Ростовцева А.А. Разработка и совершенствование методов расчета устойчивости откосов (статья) Proceedings of the XII-th national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 26-30 June 2013, Varna, Bulgaria Материалы XII-ой национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых, 26-30 июня, Варна, Болгария, 2013, с. 297–301.
15. Храмцов Б.А., Лубенская О.А. Анализ методов расчета устойчивости откосов на слабом наклонном основании. Материалы Тринадцатого международного симпозиума "Вопросы осушения, геологии и геоинформатики, геомеханики, специальных горных работ и горных технологий", Белгород. 2015. С. 338–344.

Информация об авторах

Былин Илья Порфирьевич, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

E-mail: bilin1948@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Храмцов Борис Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной геологии и горного дела.

E-mail: khramlsov@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Бакарас Мария Вячеславовна, аспирант кафедры прикладной геологии и горного дела.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Кравченко Александра Сергеевна, аспирант кафедры прикладной геологии и горного дела.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Корнейчук Мария Александровна, аспирант кафедры прикладной геологии и горного дела.

E-mail: korneychuk@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Поступила в мае 2018 г

© Былин И.П., Храмцов Б.А., Бакарас М.В., Кравченко А.С., Корнейчук М.А., 2018

Bylin I.P., Khramtsov B.A., Bakaras M.V., Kravchenko A.S., Korneychuk M.A.
STABILITY CONTROL OF THE UNCONSOLIDATED OVERBURDEN IRON ORE DUMPS
PITS IN KMA

This article is devoted to the problems of dump formation of the loose overburden iron-ore pits, which are a raw material base of construction in the KMA region. The article considers the relevance of the problem of placement and optimization of the parameters of dumps. It is connected with volume increase in iron ore open way production. There are dumps of iron-ore pits of KMA mining characteristics. There is a loss of stability of slopes during quarrying characteristic and parameters of large landslides, which were in Russia during the last 25 years. On the basis of mining characteristics of quarry dumps a set of programs for calculation of various geomechanical schemes used for determination of safe parameters of dumps slopes on the fields developed by open method is developed. The information about approbation of a complex programs for the solution of questions of rational use of lands, industrial safety and environmental protection at development of iron-ore pits and pits of the construction industry of the KMA region are given.

Keywords: raw material base of construction, dump of the loose overburden, sedimentary rocks, rock, slope parameters, characteristics of dumps, landslide processes, slope, ledge.

REFERENCES

1. Fisenko G.L. The stability of pit walls and dumps. M.: Nedra, 1965, 377 p.
2. Ilyin A.I., Halperin A.M., Streltsov V.I. The management of long stability of slopes on pits. M.: Nedra, 1985, 248 p.
3. Popov I.I., Akatov R.P. The fight against landslides in the quarries. M.: Nedra, 1980, 240 p.
4. Pevzner M.E. The deformation control of rocks in open mines. M.: Nedra, 1978, 265 p.
5. Demin A.N. The stability of open mines and dumps. M.: Nedra, 1973, 232 p.
6. Sapozhnikov V.T. The solution of the problem of convex profile slope. Collection of learned works VNIMI, 1960, no. 38, pp. 41–53.
7. Popov V.N., Shpakov P.S., Yunakov U.L. The management of pit slopes stability: college textbook. M.: The publishing house of Moscow State Mining University, The publishing house «Mining book», 2008, 683 p.
8. Polovov B.D. The solution of the problems of slope stability in conditions of risk. News of Higher Educational Institutions. Journal of mining, 1981, no. 4, pp. 30–33.
9. Juventus Y.I., Polovov B.D., Gordeev V.A. Geomechanical processes in open-pit mining. Svedrlovsk, 1984, 56 p.
10. Kryachko O.U. The management of dumps of open pit mining. M.: Nedra, 1989, 255 p.
11. Kozlov U.S. The determination of the parameters of the prism possible slide in the slopes, of open pit sides and dumps. Journal of Mining Science, 1972, no. 4, pp. 73–76.
12. Budkov V.P. About construction of the open pit side convex profile slope. Collection of learned works Central research Institute, 1965, no. 5, pp. 114–124.
13. Reik G., Teutsch Chr. The Use of Equivalent Models in Slope Stability Investigation. Int. J. Rock. Min. Sci. & Geomech. Abstr, 1976, vol. 13, pp. 321–330.
14. Khramtsov B.A. Abdul Baten Abdul Zahir, Rostovtsev A.A. Proceedings of the XII-th national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 26–30 June 2013, Varna, Bulgaria, pp. 297–301.
15. Khramtsov B.A. Lubenskaya O.A. Analysis of methods of calculation of stability of slopes in weak sloping bottom. Materials of the XIII-th international symposium "Drainage, Geology and Geoinformatics, geomechanics, special mining operations and mining technologies", Belgorod, 2015, pp. 338–344.

Information about the author

Ilya P. Bilin, Senior lecturer.

E-mail: bilin1948@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Boris A. Khramtsov, PhD, Assistant professor.

E-mail: khramtsov@bsu.edu.ru.

Belgorod National Research University.

Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Mariya V. Bakaras, Research assistant.

Belgorod National Research University.

Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Alexandra S. Kravchenko, Research assistant.
Belgorod National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Mariya A. Korneychuk, Research assistant.
E-mail: korneychuk@bsu.edu.ru.
Belgorod National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85.

Received in May 2018

Для цитирования:

Былин И.П., Храмцов Б.А., Бакарас М.В., Кравченко А.С., Корнейчук М.А. Проблемы формирования отвалов рыхлой вскрыши железорудных карьеров, являющихся сырьевой базой строительства в регионе КМА // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 49–54. DOI: 10.12737/article_5bab4a1b479f78.37504566

For citation:

Bylin I.P., Khrantsov B.A., Bakaras M.V., Kravchenko A.S., Korneychuk M.A. Stability control of the unconsolidated overburden iron ore dumps pits in KMA. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 49–54. DOI: 10.12737/article_5bab4a1b479f78.37504566

Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.,
Чернышева Е.В., канд. техн. наук, доц.,
Дегтярь А.Н., канд. техн. наук, доц.,
Черноситова Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Чернышева А.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ ЦЕХА ВЖС ШЕБЕКИНСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Одной из наиболее распространенных и опасных причин разрушения железобетонных конструкций является коррозия арматуры, что в свою очередь считается одним из определяющих факторов, влияющих на техническое состояние изделий, а, следовательно, на их надежность, долговечность и безопасность. В статье авторы рассматривают проблемы коррозии арматуры, выявленные при проведении экспертизы промышленной безопасности на примере здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода. Основанием для проведения обследования послужило истечение сроков эксплуатации строительных конструкций. Комплексное обследование включало определение технического состояния здания, исследование состояния конструкций, их элементов с целью выявления дефектов и разработки рекомендаций по проведению ремонта здания, обеспечению ее надежной и долговечной эксплуатации. Для оценки технического состояния конструкций здания был выполнен анализ конструктивного решения, установлены действующие на конструкции нагрузки, воздействия и условия эксплуатации, качество конструкций, материалов и соединений. При этом учтены характер, величина и опасность дефектов и повреждений, возможность их дальнейшего развития, фактическая несущая способность и надежность конструктивных элементов, их прогнозируемая долговечность, степень ответственности, физический и моральный износ и другие факторы.

Ключевые слова: техническое состояние, оценка надежности, коррозия арматуры.

Введение. Железобетонные конструкции относятся к числу долговечных изделий и в большинстве случаев не требуют какой-либо дополнительной защиты от воздействия внешней среды. Бетон, сам по себе достаточно прочный и стойкий к агрессивному воздействию материал, хорошо защищает расположенную в нем арматуру. Однако одной из наиболее распространенных и опасных причин разрушения железобетонных конструкций является именно коррозия арматуры, что в свою очередь считается одним из определяющих факторов, влияющих на техническое состояние изделий, а, следовательно, на их надежность, долговечность, безопасность и живучесть [1–20].

Процесс развития коррозии железобетонных конструкций может проходить по двум основным схемам [1]. Согласно первой схеме сначала происходит разрушение бетона в защитном слое, вследствие его недостаточной стойкости или в результате техногенных и запроектных воздействий, а затем начинается коррозия самой арматуры [2, 3]. Развитие коррозионных процессов по второй схеме начинается, наоборот, с арматуры, а бетон разрушается под давлением ржавчины, образующейся на ее поверхности. Как правило, разрушение по второй схеме происходит под воздействием влажного воздуха или периодического

увлажнения. Значительное циклическое воздействие суточного и сезонного изменения температуры может привести к появлению излишней влаги, которая является катализатором для всех агрессивных компонентов. Проникая сквозь поры бетона, влага может стать причиной достаточно серьезных повреждений. В зимний период объем воды при переходе в лед увеличивается, а если к этому фактору добавить разницу в коэффициентах линейного расширения компонентов бетона, то это создаст предпосылки для возникновения внутренних напряжений в бетоне, что в конечном итоге приведет к образованию трещин и, как следствие, к разрушению железобетонного изделия.

К внешним признакам коррозии арматуры в бетоне следует относить [4]: пятна ржавчины на поверхности бетона вдоль расположения стержней; трещины, ориентированные по направлению арматурных стержней; отслоение защитного слоя бетона с оголением арматуры; наличие ржавчины на поверхности арматуры. Состояние самой арматуры можно оценить по таким внешним признакам, как глубина коррозионного поражения; площадь коррозионных повреждений; характер коррозионных повреждений; толщина и плотность продуктов коррозии.

Рассмотрим проведение экспертизы промышленной безопасности на примере здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода (рис. 1). Комплексное обследование включало определение технического состояния здания, исследование состояния конструкций, их элементов с целью выявления дефектов и разработки рекомендаций по проведению ремонта здания, обеспечению ее надежной и долговечной эксплуатации. Для оценки технического состояния конструкций здания был выполнен анализ конструктивного решения, установлены действующие на

конструкции нагрузки, воздействия и условия эксплуатации, качество конструкций, материалов и соединений. При этом учтены характер, величина и опасность дефектов и повреждений, возможность их дальнейшего развития, фактическая несущая способность и надежность конструктивных элементов, их прогнозируемая долговечность, степень ответственности, физический и моральный износ и другие факторы. Основанием для проведения обследования послужило истечение сроков эксплуатации строительных конструкций.



Рис. 1. Здание цеха ВЖС Шебекинского химического завода

Методика проведения обследования. Следует понимать, что выбор методов реконструкции и восстановления эксплуатационных качеств поврежденных частей зданий зависит, прежде всего, от надлежащей оценки их технического состояния, которая базируется на основе научной диагностики. С помощью диагностики изучаются и устанавливаются признаки и причины повреждений, а также разрабатываются способы и средства для их анализа и оценок. При этом опираются на параметры технического состояния с их нормативными значениями и допустимыми отклонениями.

При данной диагностике повреждений устанавливалась, с одной стороны вся специфичность материалов, изготовления, монтажа и работы конструкций, а с другой – особенности внешних и технологических воздействий на них с целью выявления действительных условий их работы, факторов, определяющих разрушения.

Для оценки износа и коррозии строительных конструкций были использованы: методика визуального определения износа здания по внешним признакам; методика инструментальной оценки состояния конструкций и здания с помощью диагностических приборов; методика инженерного

анализа диагностических данных с целью составления заключения о техническом состоянии зданий и мероприятий по их содержанию, восстановлению, усилению и ремонту.

В состав работ по обследованию вошло освидетельствование конструкций в натуре (путем осмотра, обмеров и специальных инструментальных и методов); определение свойств материалов конструкций и качества соединений; уточнение фактических нагрузок, воздействий и условий эксплуатации с оформлением обмерных чертежей, и схем, ведомостей дефектов и других необходимых материалов.

В состав работ по оценке технического состояния конструкций вошли поверочные расчеты с учетом выявленных при обследовании дефектов и повреждений, фактических свойств материалов, прогнозируемых нагрузок, воздействий и условий эксплуатации.

Оценка технического состояния конструкций включала изыскания и использование резервов несущей способности строительных конструкций на основе теоретических и экспериментальных исследований, их действительной работы и уточнения расчетных схем, нагрузок и прочностных характеристик материалов.

Основная часть. Обследование показало, что в процессе эксплуатации здание цеха не отапливалось. Ограждающие конструкции испытывали значительное циклическое воздействие суточного и сезонного изменения температуры наружного воздуха. Наружные поверхности стен и в большей степени кровля, подвергались воздействию атмосферных осадков. В результате протечек в кровле конструкции здания и как следствие постоянного их увлажнения, произо-

шло развитие коррозионных процессов. Воздействие отрицательных температур повлекло за собой выветривание материала наружных стен с последующим их разрушением и ослаблением лакокрасочного покрытия в наружных конструкциях. Кроме того, по данным обследования строительные конструкции подвергались воздействию твердой среды в виде пыли, загрязняющей атмосферу (взвешенные вещества) и осаждающейся на наружных поверхностях конструкций, покрытий пола (рис. 2).



Рис. 2. Общее состояние конструкций покрытия 4 этаж

При обследовании плит перекрытия были выявлены участки замачивания конструкций с повреждением защитного слоя бетона. Ширина раскрытия продольных трещин в растянутой зоне, вызванных коррозией арматуры, составляла 1 мм. При этом коррозия арматуры доходила до 10 % от площади стержней. Бетон в растянутой



зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры легко крошился. Прогибы составляли более 1/300 длины пролета (рис. 3).

Обследование балок перекрытия выявило сколы бетона, повреждение его защитного слоя, трещины и следы коррозии арматуры в растянутой зоне, прогибы более 1/300 пролета (рис. 4).



Рис. 3. Следы коррозии плит перекрытия

В рамках обследования конструкций здания был произведен расчет ребристой плиты покрытия, который показал, что существующая продольная рабочая арматура в продольных ребрах 4Ø20A300 имеет площадь поперечного сечения 12,57 см², прочность продольных ребер обеспечена, но с учетом многочисленных повреждений плит перекрытия (около 20 %) существующая

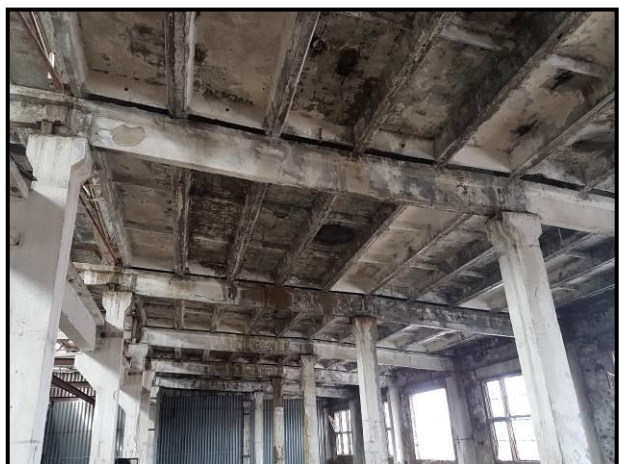


Рис. 4. Следы коррозии балок перекрытия

площадь поперечного сечения равна 12,57×0,8=10,05 см². Соответственно запасов по прочности в продольных ребрах нет, они находятся на пределе исчерпания несущей способности. Плиты покрытия с повреждениями (выщелачиванием бетона, отслоением защитного слоя бетона, повреждениями продольных и поперечных

ребер, коррозией арматуры и др.) подлежат усилению или демонтажу с устройством новых монолитных железобетонных участков.

Выводы. На основании проведенных расчетов [20] следует, что плиты перекрытия подлежат усилению или демонтажу с устройством новых монолитных железобетонных участков. Так же из расчетов следует, что при расположении дополнительной нагрузки на перекрытие из расчета 833 кг/м^2 железобетонные тавровые ригеля и колонны не будут обладать достаточной несущей способностью и жесткостью. Необходимо произвести усиление данных конструкций по специально разработанному проекту, с учетом имеющихся уже дефектов и повреждений.

Максимально допустимая нагрузка на покрытие может составлять не более 300 кг/м^2 , при условии усиления и восстановления всех поврежденных строительных конструкций здания.

Целесообразнее произвести демонтаж существующего перекрытия и устройство металлической балочной клетки по специально разработанному рабочему проекту.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. 2-е изд. перераб. и допол. М.: Стройиздат, 1968. 231 с.
2. Колчунов В.И., Губанова М.С. Напряженно-деформированное состояние нагруженного и коррозионно-поврежденного железобетона в зоне наклонных трещин // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. № 2(42). С. 11–22.
3. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Губанова М.С. Критерий прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона при плоском напряженном состоянии // Жилищное строительство. 2016. № 5. С. 22–27.
4. Кириллов В.С. Эксплуатация и реконструкция мостов и труб на автомобильных дорогах. М.: Наука, 1971. 196 с.
5. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 4–11.
6. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях: монография. М.: изд-во АСВ, 2014. 209 с.
7. Колчунов В.И., Федорова Н.В. некоторые проблемы живучести железобетонных конструктивных систем при аварийных воздействиях // Вестник НИЦ Строительство. 2018. № 1 (16). С. 115–119.
8. Мирсаяпов И.Т., Тамразян А.Г. К разработке научных основ теории выносливости железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 50–56.
9. Мирсаяпов И.Т., Тамразян А.Г. К расчету железобетонных конструкций на выносливость // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 19–23.
10. Алферов Д.Л. Причины аварий зданий и сооружений // ТехНадзор. 2013. № 6 (79). С. 78–81.
11. ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2009.
12. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2010.
13. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001.
14. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С. Актуальные проблемы промышленной безопасности // Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia. 2016. December. Pp. 164–165.
15. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 94–97.
16. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Чернышева Е.В., Панченко Л.А. Экспертиза промышленной безопасности здания насосной нефтебазы Белгородской области с целью оценки ее остаточного ресурса // Безопасность в строительстве: матер. III Междунар. науч.-практ. конф., (Санкт-Петербург, 23-24 ноября 2017 г.), СПб.: изд-во СПбГАСУ, 2017. С. 41–45.
17. ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2010.
18. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004.
19. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. М.: Госстрой СССР, 1989.
20. Отчет № 22-18 ЗИС от 15.04.2018 г. по результатам освидетельствования строительных конструкций здания цеха ВЖС, 2018. 70 с.

Информация об авторах

Серых Инна Робертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

E-mail: seryh.ir@bstu.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышева Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

E-mail: bellena_74@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дегтярь Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.

E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Черноситова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

E-mail: bellena_74@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышева Анастасия Сергеевна, бакалавр кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: stesi1497@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июне 2018 г.

© Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С., 2018

**Serykh I.R., Chernyshova E.V., Degtyar A.N., Chernositova E.S., Chernyshova A.S.
THE INDUSTRIAL SAFETY EXPERT REVIEW OF THE VZGS PLANT BUILDING AT
THE SHEBEKINO CHEMICAL PLANT WITH THE PURPOSE OF TECHNICAL
STATE EVALUATION OF STRUCTURES**

One of the most common and most dangerous causes of reinforced concrete structures damage is the reinforcement corrosion, which in its turn is considered one of the determining factors, which influence the technical state of products, and, consequently their reliability, durability, safety and survivability. In this article the authors consider the problems of reinforcement corrosion, detected during the industrial safety expert review through the example of the VZGS plant building at the Shebekino chemical plant. The expiration of terms of operation of building constructions has formed the basis for carrying out inspection. Comprehensive examination included definition of a technical condition of the building, a research of a condition of designs, their elements for the purpose of identification of defects and development of recommendations about carrying out repair of the building, to ensuring her reliable and durable operation. For assessment of technical condition of structures of the building the analysis of the constructive decision has been made, the loadings operating on a design, influences and service conditions, quality of designs, materials and connections are established. At the same time the character, size and danger of defects and damages, a possibility of their further development, the actual bearing ability and reliability of structural elements, their predicted durability, responsibility degree, physical both obsolescence and other factors are considered.

Keywords: technical state, reliability assessment, reinforcement corrosion.

REFERENCES

1. Alekseev S.N. Corrosion and protection of reinforcement in concrete. 2nd ed. rev. and additional. M.: Stroyizdat, 1968, 231 p.

2. Kolchunov V.I., Gubanova M.S. Stress-strain state of loaded and corrosion-damaged reinforced concrete in the zone of inclined cracks. Scientific Herald of VGASU. Construction and architecture, 2016, no. 2(42), pp. 11–22.

3. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Gubanova M.S. The criterion of strength of loaded and corrosion-damaged concrete in plane stress. Housing construction, 2016, no. 5, pp. 22–27.
4. Kirillov V.S. Operation and reconstruction of bridges and pipes on roads. M.: Nauka, 1971, 196 p.
5. Travush V.I., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Some directions of development of the theory of survivability of structural systems of buildings and structures. Industrial and civil engineering, 2015, no. 3, pp. 4–11.
6. Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Androsova N.B., Buxtiyarova A.S. The survivability of buildings and structures under beyond-design impacts: monograph. M.: publishing house ASV, 2014, 209 p.
7. Kolchunov V.I., Fedorova N.V. Some problems of survivability of reinforced concrete structural systems under accidental influences. Bulletin of the NRC Construction, 2018, no. 1 (16), pp. 115–119.
8. Mirsayapov I.T., Tamrazyan A.G. On the development of scientific foundations of the theory of endurance of reinforced concrete structures. Industrial and civil engineering, 2017, no. 1, pp. 50–56.
9. Mirsayapov I.T., Tamrazyan A.G. To the calculation of reinforced concrete structures for endurance. Industrial and civil construction, 2016, no. 11, pp. 19–23.
10. Alferov D.L. Causes of accidents of buildings and structures. Technical Supervision, 2013, no. 6 (79), pp. 78–81.
11. GOST R 53006-2008 Resource Assessment of potentially dangerous objects on the basis of Express methods. General requirements. M.: Standartinform, 2009.
12. GOST R 53778-2010 Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition. M.: Standartinform, 2010.
13. Recommendations for assessing the reliability of building structures of buildings and structures on the external signs. M: CNIIPromzdaniy, 2001.
14. Chernysheva E.V., Serykh I.R., Statinov V.V., Chernysheva A.S. Actual problems of industrial safety. Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia, 2016, December, pp. 164–165.
15. Degtyar A.N., Serykh I.R., Panchenko L.A., Chernysheva E.V. Residual life of structures of buildings and structures. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 10, pp. 94–97.
16. Degtyar A.N., Serykh I.R., Chernysheva E.V., Panchenko L.A. Examination of industrial safety of the pump tank farm building of the Belgorod region in order to assess its residual life. Safety in construction: mater. III Intern. science-practice. conf. (St. Petersburg, 23–24 November 2017), St. Petersburg.: Izd-vo Spbgasu, 2017, pp. 41–45.
17. GOST 31384-2008 Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion. General technical requirements. M.: STANDARTINFORM, 2010.
18. SP 13-102-2003 Rules of inspection of the bearing building designs of buildings and constructions. M.: Gosstroy of Russia, GUP CPP, 2004.
19. SNIP 2.03.01–84* Concrete and reinforced Concrete structures. M: Gosstroy of the USSR, 1989.
20. Report № 22-18 ZIS from 15.04.2018 on the results of the survey of building structures of the building shop VZHS, 2018. 70 p.

Information about the author

Inna R. Serykh, PhD, Assistant professor.

E-mail: seryh.ir@bstu.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Elena V. Chernyshova, PhD, Assistant professor.

E-mail: bellena_74@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Andrey N. Degtyar, PhD, Assistant professor.

E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Elena S. Chernositova, PhD, Assistant professor.

E-mail: ES-Helen@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Anastas S. Chernyshova, Bachelor student.
E-mail: stesi1497@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in June 2018

Для цитирования:

Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н., Черноситова Е.С., Чернышева А.С. Экспертиза промышленной безопасности здания цеха ВЖС Шебекинского химического завода с целью оценки технического состояния конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 55–61. DOI: 10.12737/article_5bab4a1cacc902.46271253

For citation:

Serykh I.R., Chernyshova E.V., Degtyar A.N., Chernositova E.S., Chernyshova A.S. The industrial safety expert review of the VZGS plant building at the Shebekino chemical plant with the purpose of technical state evaluation of structures. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 55–61. DOI: 10.12737/article_5bab4a1cacc902.46271253

НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

В настоящее время наблюдается рост объемов отечественного промышленного производства, что обусловлено влиянием таких факторов, как политика импортозамещения в стране, государственная программа поддержки предпринимательства и малого бизнеса и т.п. Соответственно растет потребность в гибкой, рационально сформированной, высокотехнологичной, экологически чистой, энергоэффективной и эстетически ценной производственной среде. На территории Южного федерального округа расположено более 100 крупных промышленных предприятий, возведенных в советский период, которые имеют потенциал для реконструкции и дальнейшего использования в производственных целях, т.е. как пассивные основные фонды промышленного предприятия. В статье приведены результаты исследования промышленных зданий советского периода как архитектурной оболочки современных производственных процессов. Описаны схемы техпроцессов, применяемых в различных отраслях производства. Выделено 4 возможных направления трансформации производственного пространства. Сделан вывод об отсутствии взаимосвязи между схемой техпроцесса и типом производственного здания.

Ключевые слова: промышленные здания, реконструкция промышленных зданий, промышленная архитектура.

Введение. Южный федеральный округ как один из стратегически важных промышленных регионов, представляет ценность для исследования «закономерностей поведения» промышленных предприятий советского периода. Так или иначе, согласно правительственным документам Федерального и регионального уровня, промышленный сектор экономики является одним из наиболее перспективных. Так, при стратегическом планировании с учетом импортозамещения, в 2018 г. проведены статистические исследования, в ходе выявлены характерные особенности динамики развития различных отраслей промышленности на территории южного региона. При этом вырисовывается следующая картина – отрасли с наибольшим оборотом средств – это металлообработка и пищевая промышленность, включающие в себя все отраслевые подуровни (выпуск продукции отрасли приборостроения вырос с 2014 по 2018 гг. в 2,3 раза). Под растущие объемы производства необходима современная производственно-технологическая база, в том числе активных основных фондов и пассивных основных фондов предприятия, иначе говоря, элементов, непосредственно участвующих в процессе производства (машины, механизмы, оборудование и пр.) и тех, что осуществляют вспомогательный функционал (линейные объекты (сети, коммуникации, транспортные пути и пр.). Таким образом, возрастает необходимость в комплексном обновлении архитектурной оболочки производственного процесса.

Методология. Методологической основой работы является системно-структурный подход,

позволяющий рассмотреть во взаимосвязи основные особенности объекта исследования. Помимо него на всех этапах работы использовались такие методы исследования как графоаналитический, сравнительный анализы графических и текстовых материалов, полученных из литературных источников; натурная фотофиксация и ее визуальный анализ, классификация на основе индуктивных приемов анализа различных взаимосвязанных аспектов работы производственного объекта, таких, как тип производства, тип здания, градостроительное размещение, особенности генерального плана, конструктивная система, направление техпроцесса и пр., анализ влияния технологических и отраслевых особенностей искомого производства на возможность и специфику реконструкции и дальнейшего использования здания в производственных целях.

Основная часть. Отечественный и зарубежный опыт реконструкции промышленных объектов представляет собой 2 принципиально различных подхода. Если в отечественной практике реконструкция промышленного здания с сохранением первоначальной функции считается наиболее рациональным методом изменения производственной среды под обновленный техпроцесс, то в зарубежной – наоборот, старые промышленные здания преимущественно подвергают реновации, т.е. изменению (восстановлению) с изменением первоначальной производственной функции на принципиально иную, например, жилую или общественную. Так или иначе, в современных российских реалиях рационально использовать отечественный подход в силу его экономичности,

обусловленной наличием ряда производственных объектов, возведенных в советский период и в достаточной степени сохранивших свои конструктивные и прочие эксплуатационные параметры. Обследованные объекты, как правило, представляют собой промышленные здания пролетного типа, преимущественно с железобетонным, реже – смешанным каркасом. Тип транспортировки грузов внутри здания как рельсовый, так и безрельсовый, от чего напрямую зависит высота цехового пространства. Такие здания являлись архитектурной оболочкой производственных процессов отрасли машиностроения, т.е. в

основном это сборочные, инструментальные цеха [1]. Однако также часто встречаются полифункциональные цеха, иначе говоря, блокированные цеха, соединяющие под единым объемом различные функциональные участки. Неэксплуатируемые блокированные цеха чаще всего встречаются в структуре крупных промышленных предприятий отрасли машиностроения, таких как Ростсельмаш, Зерноградгидроагрегат и др. Предприятия отрасли машиностроения как правило используют т.н. горизонтальные схемы техпроцесса. Т.е. процесс производства осуществляется по горизонтальной цепочке (рис. 1)

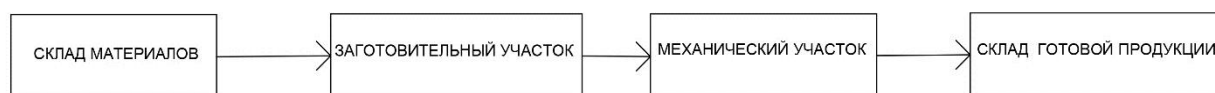


Рис. 1. Горизонтальный техпроцесс

Крупные предприятия приборостроения, такие как КВАНТ также на сегодняшний момент располагаются на небольшой части своих изначальных производственных пространств. Здания отрасли приборостроения преимущественно многоэтажные, ячейковые или, реже – смешанные, соединенные с экспериментальными и сборочными цехами путем организации галерей, прокалывающих последовательно каждый участок технологической цепи. Реконструкция в та-

ких зданиях представляет собой техническое перевооружение в совокупности с косметическим ремонтом, облицовкой фасадов вентсистемами [2]. Технологические схемы применяются, как правило, смешанные (рис. 2) либо вертикальные (рис. 3) в силу, часто, мелкогабаритной продукции и специфики применяемых в производстве Машин и Механизмов, а также усложненных требований к среде отдельных технологических этапов производства.

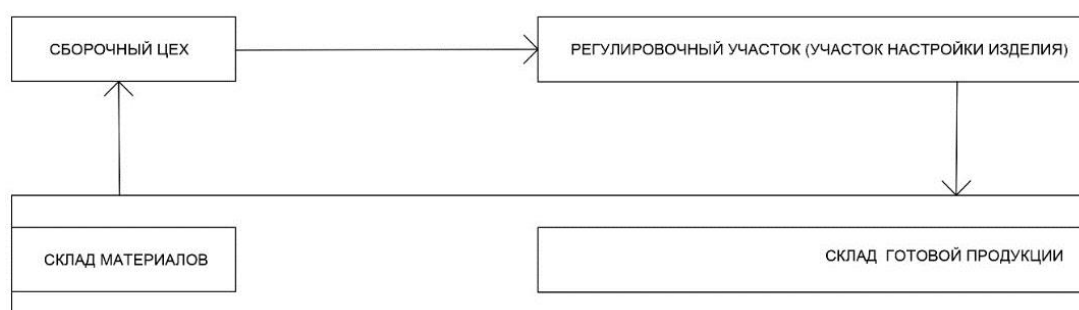


Рис. 2. Смешанный техпроцесс



Рис. 3. Вертикальный техпроцесс

Так или иначе, на настоящем этапе, предприятия различных отраслей промышленности могут быть размещены в зальных, ячейковых и пролетных зданиях путем их коренной реконструкции, проработке объемов по высоте, обеспечения гибкости планировки и мобильности строительных работ при возведении и реконструкции здания благодаря использованию сборно-разборных железобетонных конструкций, а также более легких конструкций из металла, что обуславливается общей тенденцией унификации архитектурной оболочки производственного процесса, разумеется, при наличии благоприятных градостроительных, природно-климатических и пр. условий в соответствии с классом вредности производства.

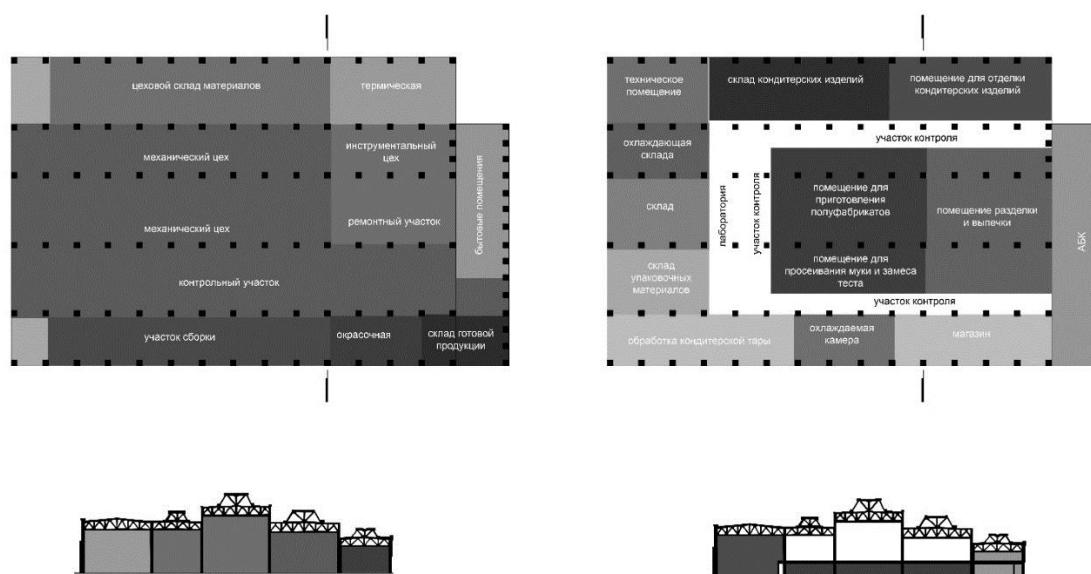


Рис. 4. Функциональная схема размещения различных типов производства в структуре одного архитектурного объема

2. Ориентация при реконструкции на первоначальную производственную направленность с рационализацией использования производственного под новые технологические схемы и измененные габариты оборудования. (рис. 5).

3. В связи с усиленным развитием госпрограмм стратегического планирования с учетом импортозамещения, генерального обновления производственно-технологической базы в стране и ЮФО как одном из развитых, экономически диверсификационных регионов, промышленное производство, так или иначе переориентируется в зависимости от перспективных курсов развития той или иной отрасли.

Так, (уровень капиталоборота частных производственных компаний в ЮФО вырос с 2014 по 2018 гг. на 44,6 %). По данным росстата

Высокие темпы роста демонстрирует химическая промышленность: выпуск минеральных удобрений вырос в июне на 16,9 %, аммиака – на 10,7 %, пластмасс в первичных формах – на 15,7

Таким образом, возможны следующие направления трансформации реконструируемых промышленных зданий:

1. Реконструируемый объект полностью унифицирован, не подчиняется конкретной технологической схеме, поскольку может быть адаптирован практически к любой, при наличии соответствия требованиям (градостроительным [4], природно-экологическим, специальным и пр.). Таким образом, настоящий подход предполагает формирование универсальной оболочки производственного процесса, иначе говоря, бывший инструментальный цех может вместить в себя предприятие пищевой промышленности и т.п. (рис. 4).

%. В машиностроении в июне увеличилось производство потребительских товаров длительного пользования – компьютеров (в 2,3 раза), стиральных машин (+23,4 %), холодильников (+8,5 %). Вырос выпуск легковых (+16,9 %) и грузовых (+9,4%) автомобилей, грузовых вагонов (в 2,3 раза).

Доминирующие виды деятельности, обеспечивающие 75 % отгруженной продукции собственного производства обрабатывающей промышленности, включает в себя «Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака», «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий», «Производство транспортных средств и оборудования», «Производство кокса и нефтепродуктов» и «Производство машин и оборудования». Таким образом, в силу диверсификационного характера экономики региона, рационально использовать принцип гибкой планировки производственных

зданий для обеспечения непрерывности производственного процесса в период перепрофилирования, расширения или уплотнения того или иного производства, расположенного в конкретной архитектурной оболочке [3, 9].

4. В последние годы активно развивается наукоемкая промышленность, в том числе на территории Южного федерального округа появляются объекты инновационного производства [5], развивающиеся как в пределах кластерных градостроительных образований, так и в пределах одного здания. Необходимо отметить, что, как правило, здания используются существующие, реконструированные [5, 7, 8]. (рис. 6), однако их реконструкция чаще всего представляет собой разработку внутреннего пространства путем организации внутри здания различных функциональных зон, таких, как лаборатории, административно-бытовая часть, экспериментальная и

производственная зоны. Однако наукоемкие технологии, в частности — нано, предъявляют к своей оболочке достаточно жесткие требования, такие, как герметичность производственной среды, т.е. защита от дневного света, пыли, электромагнитного излучения, внешнего и внутреннего радиационного излучения и пр., что предполагает формирование в структуре существующего промышленного здания некой герметичной капсулы, обрамленной защитным коридором, с совершенно иной системой организации людских потоков. К сожалению, на настоящий момент примеры такой реконструкции существующего производственного объема отсутствуют, в связи с чем ведется разработка этого вопроса в пределах диссертационного исследования по теме реконструкции существующих промышленных объектов.

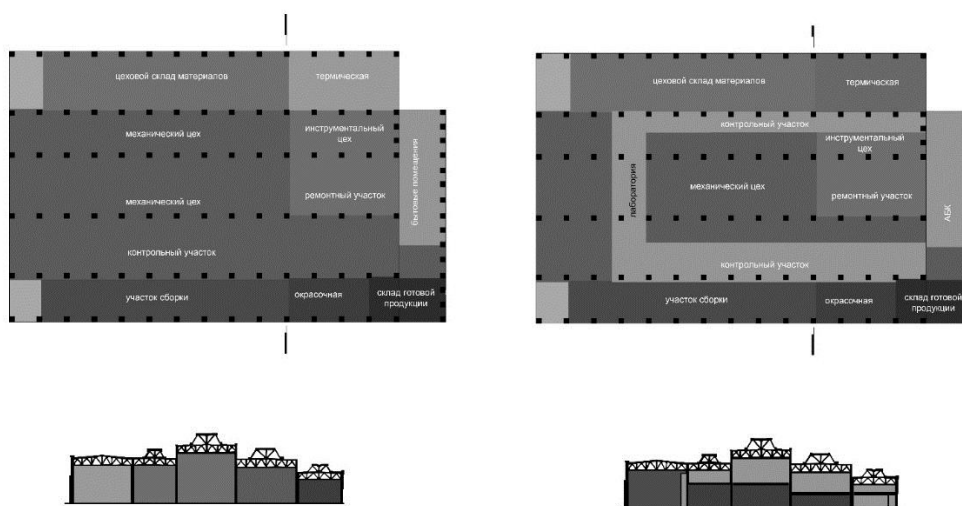


Рис. 5. Функциональная схема трансформации реконструируемого здания в рамках одной отрасли (машиностроение)

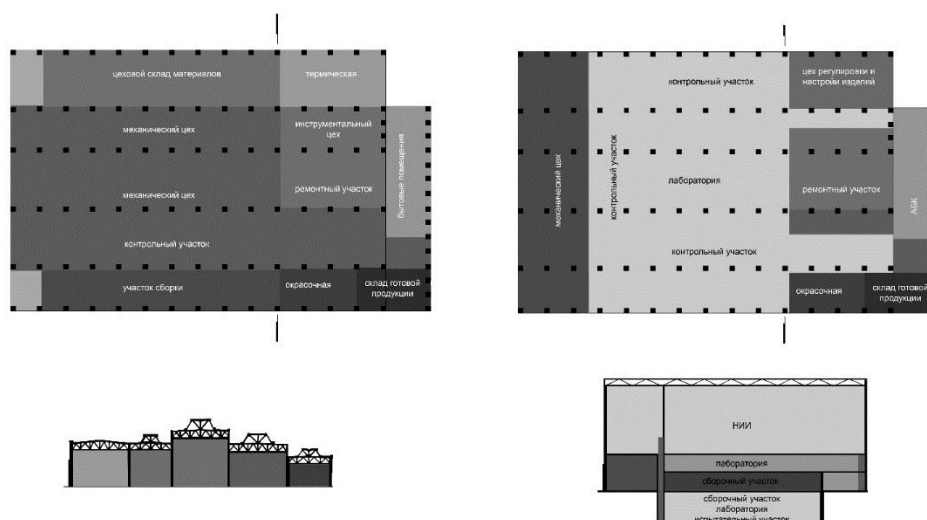


Рис. 6. Функциональная схема трансформации реконструируемого здания в объем, вмещающий наукоемкое производство

Выводы. В ходе исследования было выявлено отсутствие зависимости типа здания от современных технологических процессов промышленного производства в силу возможности трансформации существующего здания под любую, проходящий внутри техпроцесс при помощи применения конструктивных систем, позволяющих организовать гибкое пространство для производственных и вспомогательных целей. Описано 4 направления возможной трансформации реконструируемых промышленных зданий советского периода: первое направление представляет собой использование существующего объема под техпроцесс любого из описанных типов (горизонтальный, вертикальный, смешанный), под любое производство; второе направление тяготеет к преемственности искомой отраслевой направленности, с учетом которой здание было спроектировано и возведено; третье направление подразумевает возможность диверсификации производственного пространства под изменения параметров перспективности конкретной отрасли с комфортной трансформацией производственной среды; четвертое направление представляет собой, безусловно, коренное изменение среды в силу специфических требований к пространству наукоемкого производства, например таких, как герметизация производственного и испытательного пространства при работе с нано-частицами, – это означает разработку подземного пространства существующего здания, решение здания по высоте, организацию специальных функциональных зон, а также применение прочих объемно-планировочных приемов по созданию производственной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В. Остаточный ресурс конструкций

Информация об авторах

Шеин Валерия Вячеславовна, аспирант.

E-mail: va_in@list.ru

Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета.

Россия, 344082, Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Поступила в июне 2018 г.

© Шеин В.В., 2018

зданий и сооружений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №10. С. 94–98.

2. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 9–17.

3. Shi S., et al., Deposition velocity of fine and ultrafine particles onto manikin surfaces in indoor environment of different facial air speeds. Building and Environment. 2014. Vol. 81. Pp. 388–395.

4. Перькова М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных противоречий на региональном уровне // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №4. С. 62–72.

5. Мальцева Е.В., Никифоров Ю.А. Роль инновационных разработок в современной промышленной архитектуре // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №1. С. 66–71.

6. Shi Pu. Knowledge based building facade reconstruction from laser point clouds and images. Publications on Geodesy 75 NCG Nederlandse Commissie voor Geodesie Netherlands Geodetic Commission. Delft, March 2010, 133 p.

7. Branko P. slavković. application of the double skin façade in rehabilitation of the industrial buildings in serbia. State University of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia, 12p.

8. Jones E. Industrial architecture in Britain: 1750–1939 // J. Edgar. NY: Facts on File. 1985. Vol. 239 p.

9. Бергер М.П. Устойчивость поврежденной большепролетной фермы в составе пространственного каркаса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №2. С. 27–34.

10. Baldinell G., Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system // Building and Environment. 2009. Vol. 44. Pp. 1107–1118.

Shein V.V.

DIRECTIONS OF RECONSTRUCTED INDUSTRIAL BUILDINGS TRANSFORMATION ON THE EXAMPLE OF SOUTHERN REGION OBJECTS

Growing level of domestic industry is observed at contemporary moment because of a few reasons, such as federal politics of import, substitution and support of small business structures etc. Therefore, the necessity of industrial spaces are formed according to flexibility requirements. Manufacturability, energy efficiency and aesthetics are growing accordingly. There are more than 100 industrial objects situated on Southern region. They were built in Soviet period. Such buildings are potentially attractive to be systematically reconstructed

and further used as spaces for modern industrial process. The article consists of results of researching existing industrial buildings of soviet period as the shell of contemporary technological processes. Different schemes of technological processes for different types of industry were described at the article. 4 ways of transformation of industrial spaces were detected at the course of the research. It was concluded that there is no connection between direction of technological process and type of building.

Keywords: industrial buildings, reconstruction of industrial buildings, industrial architecture.

REFERENCES

1. Degtyar A.N., Serykh I.R., Panchenko L.A., Chernysheva E.V. Residual resource of construction of buildings and constructions. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 10, pp. 94–98.
2. Suleymanova L.A. High qualited energy-saving and competitive building materials, products and constructions. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 1, pp. 9–17.
3. Shi S., et al., Deposition velocity of fine and ultrafine particles onto manikin surfaces in indoor environment of different facial air speeds. Building and Environment, 2014, vol. 81, pp. 388–395.
4. Perkova M.V. Methodic of detection and decition of urban contradictions on regional level. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 4, pp. 62–72.
5. Maltseva E.V., Nikiforov The role of innovative elaborations at contamporary industrial architecture. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 1, pp. 66–71.
6. Shi Pu. Knowledge based building facade reconstruction from laser point clouds and images. Publications on Geodesy 75 NCG Nederlandse Commissie voor Geodesie Netherlands Geodetic Commission. Delft, March 2010, 133 p.
7. Branko P. slavković. application of the double skin façade in rehabilitation of the industrial buildings in serbia. State University of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia, 12 p.
8. Jones E. Industrial architecture in Britain: 1750–1939. J. Edgar. NY: Facts on File, 1985. 239 p.
9. Berger M.P. Sustainability of damaged long span farm as part of space skeleton. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 2, pp. 27–34.
10. Baldinelli G., Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with anintegrated movable shading system. Building and Environment, 2009, vol. 44, pp. 1107–1118.

Information about the author

Valeriya V. Shein, Postgraduate student.

E-mail: va_in@list.ru

Southern Federal University, Academy of architecture & arts.

Russia, 344082, Rostov-on-Don st. Budennovsky, 39.

Received in June 2018

Для цитирования:

Шейн В.В. Направления трансформации реконструируемых промышленных зданий на примере объектов Южного федерального округа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 62–67. DOI: 10.12737/article_5bab4a1d21c144.34787598

For citation:

Shein V.V. Directions of reconstructed industrial buildings transformation on the example of southern region objects. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 62–67. DOI: 10.12737/article_5bab4a1d21c144.34787598

Данилина Н.В., канд. техн. наук, доц.,
Елистратов Д.А., аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТОРГОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

В статье представлен результат аналитического обзора методов градостроительного планирования системы торгового обслуживания населения. На основе выполненного анализа сделаны выводы о несоответствии существующих методов современным требованиям по созданию комфортной среды обитания населения и принципам устойчивого развития территории.

Для решения задачи по совершенствованию методов градостроительного планирования системы торгового обслуживания населения предлагается использовать системный подход, учитывающий принципы устойчивого развития территории. Систему предлагается рассмотреть в виде иерархии уровней принятия градостроительных решений. Оценку системы обслуживания предложено выполнять по следующим условиям: социально-экономические, планировочные, транспортные. Также при планировании предлагается учесть модель поведения населения.

В качестве метода исследования предлагается использовать метод математического моделирования потоков транспорта. Он широко используется для решения задач по градостроительному и транспортному планированию. Использование метода позволит учесть расщепление поездок по видам транспорта, одного из ключевых показателей, используемых при градостроительном планировании развития территории. Это позволит обеспечить эффективное управление городскими территориальными ресурсами и подготовку градостроительной документации по планированию системы обслуживания населения, отвечающую требованиям по созданию комфортной среды обитания населения.

Ключевые слова: устойчивое развитие, планировка территории, торговое обслуживание населения, транспортная доступность, моделирование транспортных потоков, расщепление потоков.

Одной из важнейших градостроительных задач является создание комфортной среды обитания, удовлетворяющей все запросы общества [4, 6, 7]. Важную роль в формировании комфортной среды играет социально-бытовое обслуживание населения. Одной из наиболее значимых систем в структуре социально-бытового обслуживания является торговое обслуживание населения. Это подтверждается высокой долей корреспонденций к объектам торгового обслуживания в сравнении с другими объектами социально-бытового обслуживания [5]. Также необходимо отметить, что крупные торговые центры в современных условиях несут функцию общественного центра, в котором объединяются функции торговли, досуга и бытового обслуживания.

Основным количественным показателем градостроительного развития системы торгового обслуживания является обеспеченность населения торговыми площадями. Также немаловажным, является пространственное распределение торговых площадей на территории города. От планировочных и транспортных условий размещения объектов системы обслуживания в пространстве города зависит качество обслуживания населения.

В настоящее время в отечественной практике градостроительного планирования объекты

торгового обслуживания принято классифицировать в зависимости от условий доступности:

- пешеходная «шаговая» доступность (до 500 м) объектов повседневного спроса;
- транспортно-пешеходной доступности до 15 минут объектов периодического спроса;
- транспортно-пешеходной доступности до 30 минут объектов эпизодического спроса;

Вопросы пространственного распределения объектов по территории города решаются в составе документов территориального планирования. При этом данному аспекту не уделяется должного внимания. Схемы размещения объектов торговли в нашей стране разработаны только для крупных систем расселения. Для города Москвы подготовлена отраслевая схема размещения торговых объектов до 2020 года. Основной концепцией при планировании размещения объектов, являлась цель разгрузки центральной части города от транспортных потоков, тяготеющих к объектам торговли. При этом запланировано и частично реализовано размещение крупных объектов торговли в периферийной зоне города, вблизи крупных транспортных артерий. Выбор такой структуры пространственного распределения объектов торговли на территории города, с учетом обеспечения приоритетного до-

ступа индивидуального транспорта, позволил решить первостепенные задачи по обслуживанию современными торговыми площадями населения города Москвы. При этом вопросам обслуживания объектов общественным транспортом не уделено должного внимания. В связи с чем доля использования индивидуального транспорта при перемещении к объектам торговли регионального уровня достигает 70 %, что без сомнений приводит к увеличению значимости индивидуального транспорта и как следствие приоритетного развития инфраструктуры, обеспечивающей его передвижение в нормативных условиях. При этом в связи с несоответствием пропускной способности объектов инфраструктуры возросшим интенсивностям автомобильного движения в районе размещения торговых центров наблюдаются неудовлетворительные условия движения. В тоже время в городе Москва действует градостроительная политика по приоритетному развитию общественного транспорта. Актуализация отраслевой схемы с учетом изменения транспортной политики г. Москвы и в связи со строительством новых объектов торговли не проводилась.

При отсутствии определенной городской политики и актуальных градостроительных планов по развитию системы торгового обслуживания населения, развитие системы обслуживания ведется в рамках маркетинговых исследований, проводимых застройщиками территории. При планировании развития сети используются следующие подходы: методы регрессионного анализа статистических данных, гравитационная модель Рейли и гравитационная модель Хаффа [8].

Регрессионные модели являются наиболее простыми в применении и чаще всего используются при определении потребной площади и количества посетителей на основе статистических данных об объемах транзитного потока транспортной магистрали, вблизи которой планируется объект.

Основной идеей использования моделей Рейли и Хаффа является определение наиболее оптимального, с точки зрения получения прибыли, местоположения торгового объекта, используя гравитационные законы. Модель «Закон Хаффа о привлечении покупателей» (Huffs law of shoppers attraction) определяет торговую зону на основе привлекательности торговых точек, выраженной в объеме торговой площади, и времени достижения от дома покупателя до торговых точек и чувствительности к времени достижения.

Основными недостатками методов является использование монокритериального подхода при выборе местоположения объекта. Единственным критерием является достижение максимальной зоны охвата территории и как следствие максимальной прибыли. При этом не учитываются принципы устойчивого развития территории.

При планировании развития системы необходимо рассматривать следующие системы: экологическая, экономическая, административная, антропогенная и социальная [2, 3]. Для решения задачи по совершенствованию методов градостроительного планирования системы торгового обслуживания населения предлагается использовать системный подход. Систему предлагается рассмотреть в виде иерархии уровней принятия градостроительных решений. Графически система представлена на рис. 1.

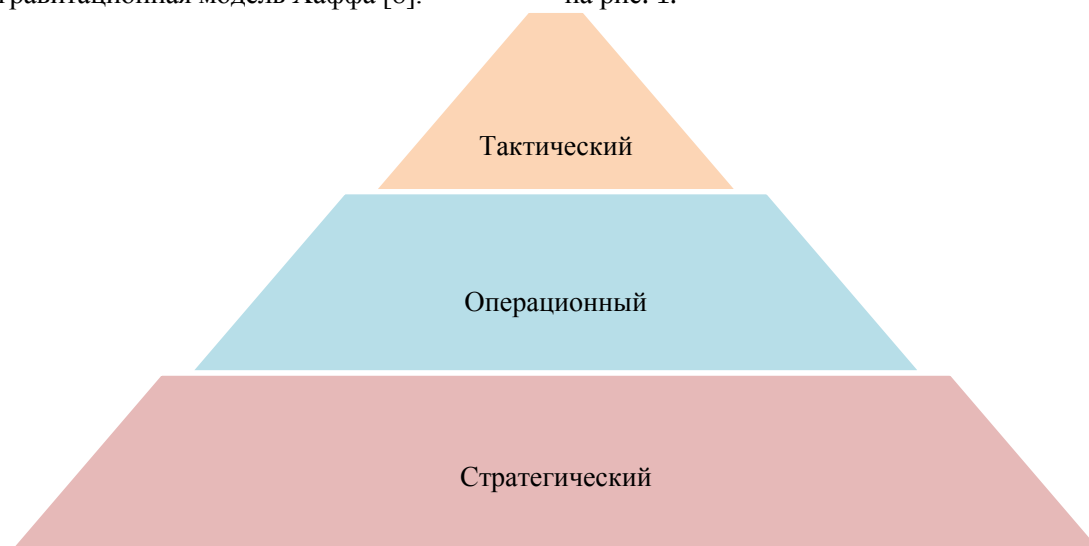


Рис. 1. Уровни градостроительного планирования

Стратегический уровень планирования определяет основные целевые показатели развития системы обслуживания необходимые для

обеспечения комфортной среды обитания населения. К таким показателям относят: обеспеченность населения торговыми площадями, распределение площадей по уровням доступности. На

данном уровне определяется оптимальная пространственная структура распределения торговых площадей на территории города. Планирование необходимо выполнять с учетом территориальных, транспортных, природно-климатических, экологических и социально-экономических особенностей региона. Необходимым документом территориального планирования может быть схема в составе схемы территориального планирования или отраслевая схема размещения объектов торгового обслуживания на территории региона или города. Целевые показатели могут быть определены на стадии подготовки региональных норм градостроительного проектирования.

Операционный уровень планирования определяет пространственную структуру торгового обслуживания населения на районном уровне. На данной стадии, на основе целевых показателей, определяется оптимальное распределение площадей и размещение объектов в структуре планировочного района, в зависимости от функционально-планировочных ограничений и

требований по транспортному обслуживанию объекта. На данной стадии обеспечивается подготовка документов по районной планировке территории, планируемой к застройке. В планах указываются необходимые места размещения объектов на территории района и их требуемые площади.

Тактический уровень планирования определяет планировку территории для размещения объекта торгового обслуживания. При планировании территории необходимо руководствоваться целями поиска оптимального решения с точки зрения условий транспортного обслуживания территории объекта, удобства доступа, обеспечения необходимым количеством парковочных мест. Градостроительным документом на данной стадии является проект планировки территории объекта, а также схема транспортного обслуживания территории объекта.

Для выполнения оценки системы обслуживания, на всех уровнях градостроительного планирования, предлагается ввести следующую систему критериев (рис. 2).

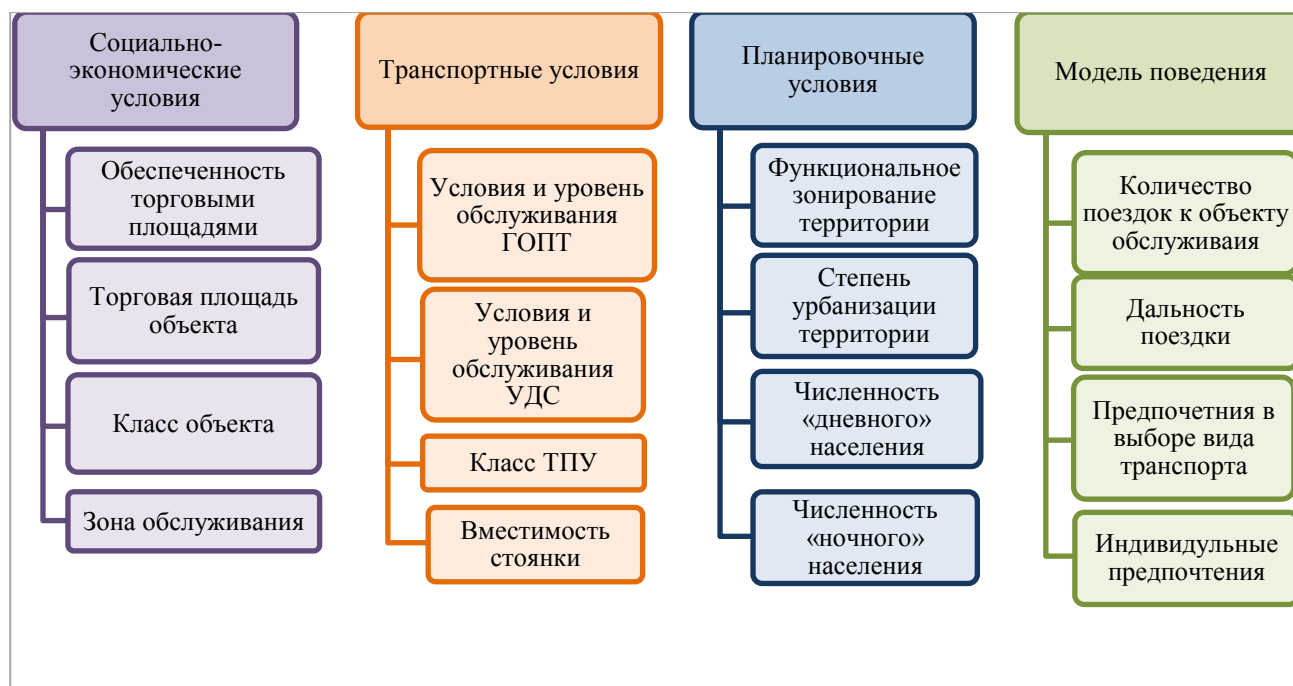


Рис. 2. Критерии оценки системы торгового обслуживания населения

При определении социально-экономических условий размещения объекта в первую очередь необходимо определить требуемую площадь объектов торгового обслуживания. Торговая площадь объекта определяется исходя из потребностей населения, выраженную в показателе обеспеченности населения торговыми площадями. При градостроительном планировании потребности населения разделяют в зависимости от частоты их реализации: повседневные, периодические и эпизодические. Исходя из необходимого количества торговых площадей и периодичности

использования объекта определяют класс и зону обслуживания объекта.

При определении транспортных условий размещения объекта необходимо определить требуемые показатели транспортного обслуживания территории для его размещения. К показателям транспортного обслуживания предлагается отнести: условия обслуживания городским общественным транспортом (ГОПТ), условия обслуживания улично-дорожной сетью (УДС), условия доступа на парковку. При оценке условий

размещений обязательным является оценка загрузки транспортными потоками объектов транспортно-коммуникационного каркаса, включая ГОПТ. При размещении объекта в составе транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) необходимо оценивать показатель транзитного, по отношению к объекту, транспортного потока и класс ТПУ.

При определении планировочных условий размещения объекта необходимо оценивать функциональное назначение территории для размещения объекта. Для оценки возможной интенсивности использования территории необходимо оценить степень урбанизированности территории. В качестве количественных показателей оценки предлагается использовать численность дневного и ночного населения в зоне обслуживания.

Для определения потребностей населения в торговом обслуживании необходимо учитывать их модель поведения. Модель поведения выражается в желаемом количестве поездок к объектам обслуживания, то есть интенсивности совершения поездок и желаемой удаленности объектов от места проживания или работы. Предпочитаемый вид транспорта для совершения поездок оказывает влияние на выбор объекта обслуживания. Вышеперечисленные факторы зависят от следующих факторов: половозрастная структура населения, уровень заработной платы, уровень образования, семейное положение и т.п. Также при оценке необходимо учитывать природно-климатические условия.

В качестве метода исследования предлагается использовать метод математического моделирования потоков транспорта. Он широко используется для решения задач по градостроительному и транспортному планированию развития территории [1, 5, 9]. Модель основана на двух взаимодействующих моделях: спроса и предложения на транспорт. Модель предложения на транспорт качественно и количественно описывает транспортно-коммуникационный каркас в виде направленного графа сети.

При разработке модели спроса чаще всего используют стандартную четырехшаговую модель расчета транспортного спроса. Модели данного типа являются широко известными и рекомендовавшими себя во многих практических расчетах. Стандартная четырехшаговая модель состоит из следующих этапов:

Модель генерации (создания) транспортного движения (trip generation);

Модель распределения транспортного движения (trip distribution);

Модель разделения транспортного движения (modal split);

Модель перераспределения по выбору маршрута (traffic assignment).

На шаге генерации спроса на транспорт (trip generation) в модель необходимо внести данные о количестве корреспонденций, совершаемых населением, то есть показатель обеспеченности населения торговыми площадями. Математическая модель спроса предоставляет возможность рассмотрения множества целей поездок, тем самым является возможным учет количества передвижений и их частоты в зависимости от интенсивности совершаемых поездок (повседневные, эпизодические, периодические). На этапе генерации спроса на транспорт предлагается использовать гравитационную модель, при которой предполагается выполнение условия баланса общего прибытия и отправления [10]:

$$\sum_{i \in R} Q_i = \sum_{j \in R} D_j \quad (1)$$

где Q_i – объем отправления из района $i \in R$, D_j – объем прибытия в район $j \in R$,

На втором шаге (trip distribution) выполняется распределение объема корреспонденций по районам отправления и прибытия. Функция распределения по готовности реализации корреспонденции (дальности) рассчитывается в зависимости от значения обобщенных затрат при реализации корреспонденции в тот или иной район. Под обобщенными затратами понимается сумма временных, денежных и прочих затрат индивида на реализацию корреспонденции, приведенная к единому показателю (чаще всего времени). В зависимости от величины поселения, поведенческой модели населения, а также территориальных ограничений в модель вносятся данные о предпочитаемой дальности поездок. Данные о дальности могут быть получены по результатам социологических опросов предпочтений населения и откорректированы с учетом предлагаемых вариантов системы торгового обслуживания. Корректировка данных необходима в связи с тем, что социальные опросы дают представление о сложившейся системе обслуживания, в расчетах необходимо использовать параметры на расчетный срок.

На третьем шаге (modal split) расчета спроса на транспорт выполняется расщепление корреспонденций по видам транспорта. Данный этап, по мнению автора, является наиболее значимым и качественно отличающим предлагаемую методику от методов, используемых в настоящее время. Это связано с тем, что при использовании инструментов моделирования транспортных потоков становится возможным учет распределения поездок по видам транспорта, а данный показатель является одним из ключевых при градо-

строительном планировании развития территории. В качестве исходных данных при расчете выбора транспорта, в модели используются значения обобщенных затрат.

На четвертом шаге (traffic assignment) оценки спроса на транспорт выполняется перераспределение корреспонденций по транспортно-коммуникационному каркасу, при этом соблюдаются условия равновесного перераспределения транспортного потока.

Предлагаемый метод позволит определить оптимальный вариант функционирования системы торгового обслуживания населения с точки зрения сбалансированности работы транспортно-коммуникационного каркаса и распределения транспортных корреспонденций по видам транспорта.

Проведенный в рамках статьи аналитический обзор методов градостроительного планирования системы торгового обслуживания населения выявил несоответствие методов современным требованиям по созданию комфортной среды обитания населения и принципам устойчивого развития территории.

Для решения задачи по совершенствованию методов градостроительного планирования системы торгового обслуживания населения предлагается использовать системный подход, учитывающий принципы устойчивого развития территории.

В качестве метода исследования предлагается использовать метод математического моделирования потоков транспорта. Использование метода позволит обеспечить эффективное управление городскими территориальными ресурсами и подготовку градостроительной документации по планированию системы обслуживания населения, отвечающую требованиям по созданию комфортной среды обитания населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власов Д.Н., Данилина Н.В.

Математическое моделирование как инструмент транспортно-планировочной организации города // Вестник МГСУ. 2010. № 4-5. С. 169–173.

2. Власов Д.Н., Данилина Н.В. Устойчивое развитие транспортных узлов в градостроительном планировании // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №9. С. 44–49.

3. Горбенкова Е.В., Щербина Е.В. Методологические подходы моделирования развития сельских поселений // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 10 (109). С. 1107–1114.

4. Данилина Н.В. Аспекты устойчивого развития системы транспортного обслуживания урбанизированных территорий, в сборнике: Социально-экономические проблемы и перспективы развития территорий сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции. 2016. С. 39–43.

5. Елистратов Д.А. Математическое моделирование транспортных потоков при подготовке схемы транспортного обслуживания крупных инфраструктурных объектов. Сборник трудов II Междунар. Науч.-практ. конф.; СПбГАСУ.-СПБ., 2017. С. 126–133.

6. Щербина Е.В., Данилина Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 11. С. 183–186.

7. Щербина Е.В., Данилина Н.В., Власов Д.Н. City planning issues for sustainable development // International Journal of Applied Engineering Research. Т. 10. № 22. 2015. С. 43131–43138.

8. Huff D.L. Parameter Estimation in the Huff Model // ArcUser. 2003, October-December.

9. Meyer M.D. Transportation Planning Handbook, 4th ed. Wiley, 2016. 1200 p.

10. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. Modeling Transport. John Wiley & Sons Ltd, 4th edition. 2011. 594 p.

Информация об авторах

Данилина Нина Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства.

E-mail: nina_danilina@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Елистратов Дмитрий Анатольевич, аспирант кафедры градостроительства.

E-mail: dimaelistratov@yandex.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в мае 2018 г.

©Данилина Н.В., Елистратов Д.А., 2018

Danilina N.V., Elistratov D.A.

IMPROVEMENT OF URBAN PLANNING SYSTEM METHODS OF SHOPPING SERVICE

The article presents the result of analytical review of the urban planning methods shopping area developing. The methods discrepancy is defined to the principles of sustainable development and modern requirements for the formation of a comfortable environment.

For improving methods of urban planning of the system of shopping services, it is proposed to use a systematic approach that takes sustainable development principle. The system is proposed to be considered in the form of the hierarchy of levels of urban making decision. Estimate of the service system is offered to perform the conditions: socio-economic, urban planning, transport. Also, when planning it is proposed to take account the model of personal behavior.

As a method of research is offered to use the method of mathematical modeling of traffic flows. It is widely used for solving problems of urban planning and transport planning.

The using of the method will allow to consider modal split, which is one of the key urban planning indicators used in of the territory development. This will ensure the effective management of land using and preparation of urban plans for the planning shopping service system, which matches the requirements for the comfortable living environment.

Keywords: sustainable development, urban planning, shopping service, transport access, transport modeling, modal split.

REFERENCES

1. Vlasov D.N., Danilina N.V. The mathematical modeling as an instrument of transport planning organization of the city. Vestnik MGSU, 2010, no 4-5, pp. 169–173.
2. Vlasov D.N., Danilina N.V. Sustainable development of transport transit hubs in urban planning. Industrial and Civil Engineering, 2016, no. 9, pp. 44–49.
3. Gorbenkova E.V., Shcherbina E.V. Methodological Approaches for Modeling the Rural Settlement Development. Vestnik MGSU, 2017, vol. 12, issue 10 (109), pp. 1107–1114.
4. Danilina N.V. Aspects of sustainable development of transport services in urban areas, in the collection: Socio-economic problems and prospects of development of territories collection of scientific articles on the materials of the I International scientific-practical conference. 2016, pp. 39–43.
5. Elistratov D.A. Mathematical modeling of traffic flows in the preparation of transport service schemes of large infrastructure facilities. Proceedings of the II Intern. Science. practice. Conf.; SPSUACE.-SPB., 2017, pp. 126–133.
6. Shcherbina E.V., Danilina N.V. Town planning aspects of the design of a sustainable urban environment. Bulletin of Irkutsk State Technical University, 2014, no. 11, pp. 183–186.
7. Shcherbina E.V., Danilina N.V., Vlasov D.N. City planning issues for sustainable development. International Journal of Applied Engineering Research, 2015, vol. 10, no. 22, pp. 43131–43138.
8. Huff D.L. Parameter Estimation in the Huff Model. ArcUser, 2003, October-December.
9. Meyer M.D. Transportation Planning Handbook, 4th ed. Wiley, 2016, 1200 p.
10. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. Modeling Transport. John Wiley & Sons Ltd, 4th edition. 2011, 594 p.

Information about the author

Nina V. Danilina, PhD, Assistant professor.

E-mail: nina_danilina@mail.ru

National research Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, Moscow, 129337, Yaroslavskoye Shosse, 26.

Dmitrii A. Elistratov, Postgraduate student.

E-mail: dimaelistratov@yandex.ru

National research Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, Moscow, 129337, Yaroslavskoye Shosse, 26.

Received in May 2018

Для цитирования:

Данилина Н.В., Елистратов Д.А. Совершенствование методов градостроительного планирования системы торгового обслуживания населения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 68–73. DOI: 10.12737/article_5bab4a1da076f9.72727697

For citation:

Elistratov D.A., Danilina N.V. Improvement of urban planning system methods of shopping service. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 68–73. DOI: 10.12737/article_5bab4a1da076f9.72727697

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ И ПРОТИВОРЕЧИЙ РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ГОРОДОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В рамках развиваемого конфликтологического подхода разработана методика выявления и разрешения градостроительных конфликтов на местном уровне и апробирована на примере семи малых городов Белгородской области. Выявлена периодизация развития функционально-планировочной структуры городов Валук, Корочи, Алексеевки, Грайворона, Шебекино, Бирюча, Нового Оскола: 1 период (формирование опорных пунктов как форпостов для защиты Южных рубежей), 2 период (развитие регулярной планировки городов, формирование многофункциональной градообразующей базы), 3 период (применение типовой застройки, формирование базовых отраслей промышленности Советского периода), 4 период (развитие индивидуальной жилой застройки, формирование экономики третьего экономического уклада). Качественная оценка функционально-планировочной структуры позволила выявить исторические, пространственные и функциональные закономерности градостроительного развития, а также градостроительные конфликты и противоречия в процессе освоения территории. Для разрешения градостроительных конфликтов и противоречий развития на местном уровне предложены усовершенствованные методы: метод экологической стабилизации прибрежных зон малых рек, метод адаптации деградированных промышленных территорий (на примере г. Шебекино). Разработан и апробирован метод гармонизации интересов и ценностей путем поиска компромисса между участниками градостроительной деятельности для территорий с различной функциональной нагрузкой на примере социальной адаптации придомовых территорий многоквартирных жилых домов (на примере квартальной и микрорайонной жилой застройки г. Белгорода).

Ключевые слова: малый город, градостроительное развитие, градостроительные конфликты и противоречия развития, методика, методы.

Градостроительные конфликты на сегодняшний день чрезвычайно распространены в практике территориального планирования. Конфликтологический подход, по мнению автора, является приоритетным для достижения целей устойчивого развития, повышения эффективности территориального планирования и управления территорией региональной системы расселения, а также имеет научную и практическую значимость. Как отмечает Е.Б. Чернова, «при попытке учесть потребности людей в масштабах всего города обнаруживается, что у разных людей и групп разные, зачастую взаимоисключающие интересы» [19]. В результате решения любой городской проблемы «общественное мнение» зачастую демонстрирует полярные предпочтения. В результате при принятии управленческих решений основной целью является примирение противоположных мнений с учетом устойчивого развития территорий.

Вопросами пространственной организации города как социального организма занимались Глазычев В.Л., Кияненко К.В., Иовлев В.И., К.Линч, К. Норберг-Шульц, Я.Гейл, В. Рыбчинский, Бурдые П., Дюани А. и Зайберк П. Понятие архитектурного пространства развивается в трудах Габричевского А.Г., Шубенкова М.В., До-

бричиной И.А., Александра К. В работах А. Крашенинникова, В. Глазычева, Л. Когана, Е. Ещиной, Е.О. Фрейдина, А. В. Нефедова, Т. Дридзе, упоминается конфликтность интересов. В. Глазычев рассматривает конфликтность как предмет организационной деятельности в рамках технологии соучастия. В. Светлов формулирует базовые определения конфликта и бесконфликтной ситуации, предлагает различные модели конфликта. Московская школа конфликтологии под руководством Л.Н. Цой предлагает интерпретационные модели развития города. А.Г. Большаков в своем исследовании описал «мотивации социального воспроизводства» планировочное разрешение конфликтов мотиваций использования ландшафтов (здоровье, богатство, общение, красота, индивидуальность, информация, духовность), «конфликты между компонентными целями при их воплощении в организации территории (экономики и экологии, социализации и персонализации, эстетики и информатики, материального и духовного). Также он предложил «модель управления конфликтами в использовании территории с целью ее устойчивого развития», целью которой является устойчивое развитие, а выходом – «ландшафтная планировка устойчивого развития территорий», посвященном гра-

достоительной организации ландшафта на основе тщательного учета его пространственного и экологического потенциалов, трактует идею устойчивого развития территории как «алгоритм разрешения конфликтов социального воспроизводства средствами организации территории». Важным дополнением при развитии алгоритма А.Г. Большакова в данном исследовании является включение исторического аспекта. Автор предполагает, что различные внешние и внутренние конфликты влияют на пространственное развитие и при их затяжном характере влекут за собой противоречия градостроительного развития территории. Чтобы выявить конфликты, которые являются исторической предпосылкой современной градостроительной проблемы, нужно проследить, каким образом и под воздействием каких факторов формировался конкретный культурно-исторический ландшафт в исторической ретроспективе. Выявить исторические, пространственные, функциональные закономерности градостроительного развития региональных систем расселения и их элементов [18].

В ранее опубликованных статьях в рамках развития конфликтологического подхода автором представлена комплексная многоуровневая методика градостроительного регулирования, которая предполагает выявление, классификацию и разрешение градостроительных конфликтов и противоречий развития, подробно рассмотрены региональный и муниципальный уровни

[17]. В данной статье детально рассмотрен уровень города.

Разработанная методика апробирована на примере семи малых городов Белгородской области: Шебекино, Новый Оскол, Короча, Валуйки, Грайворон, Алексеевка, Бирюч, Строитель. Выбор категории малого города для апробации обосновывается, во-первых, тем, что из одиннадцати имеющихся на территории Белгородской области городов восемь являются малыми. Во-вторых, как в России, так и за рубежом, актуальной градостроительной проблемой является развитие территорий именно малых исторических городов в постиндустриальном обществе, формированием качественной городской среды и условий для развития человеческого потенциала.

Первый этап. Изучение пространственного освоения территории и периодизация развития функционально-планировочной структуры города включает ретроспективный анализ планировочной структуры города («каркаса и ткани») и анализ взаимосвязи городского и природного ландшафтов исторического города. Ретроспективный анализ выявил историко-культурное своеобразие малых городов как характеристику идентичности: тип, сложившийся планировочной структуры, главные магистрали, основные линейные элементы каркаса (улицы) и узлы планировочной структуры (площади) (рис. 1, 2). В результате изучения малых городов Белгородской области выявлены следующие периоды развития их функционально-планировочной структуры.

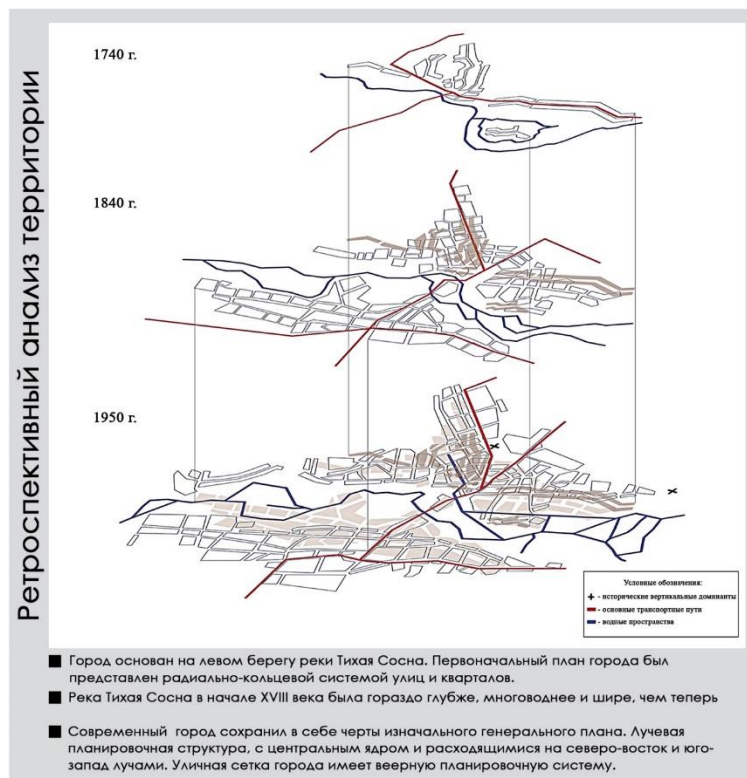


Рис. 1. Ретроспективный анализ территории г. Бирюч в XVIII-XX вв. Сост. Перькова М.В., Трибунцева К.М.

Первый период. Результатом военного конфликта стало формирование меридиональной линии городов-крепостей, которые были своеобразным «хребтом» Белгородчины. Города-крепости имели черты регулярной планировки, которой способствовал единовременный отвод жителям земельных участков и единообразие жилой застройки [5, 7, 8]. Слободы Алексеевка и Грайворон также располагались близ реки и характеризовались компактной планировкой [3, 4]. Строительство городов осуществлялось по Соборному уложению 1649 г., отдельных ведомственных инструкции и преемственности наместного права, основанного на законодательных актах 1730 года. При застройке городов учитывался социальный статус населения, рельеф местности и статус города [9, 12, 13].

Второй период. Развитие регулярной планировки городов, многофункциональной градообразующей базы. Первые генеральные планы городов, создававшиеся для упорядочения город-

ского пространства, появились в 18 веке (Валуйки – 1740 г, Короча – 1784 г., Новый Оскол – 1786 г., Бирюч – 1786 г. и т.д.) [14]. Были разработаны межевые карты и планы, свидетельствующие о многочисленных земельных спорах между помещиками. Сложившаяся сетка кварталов рассматриваемых малых городов сохранила преемственность до настоящего времени: прямоугольная сетка улиц Грайворона и Корочи, Нового Оскола, радиально-кольцевая застройка г. Бирюч. XVIII век характеризуется активным развитием градообразующей базы (строительной отраслью, пищевым и обрабатывающим производством, перерабатывающей промышленностью, сельскохозяйственными предприятиями, производством машин и оборудования и химическим производством) и социальной инфраструктуры. Следствием является рост численности населения и человеческого потенциала, увеличение плотности и площади застройки, что подтверждается картографическими материалами рассматриваемого периода [15, 16].

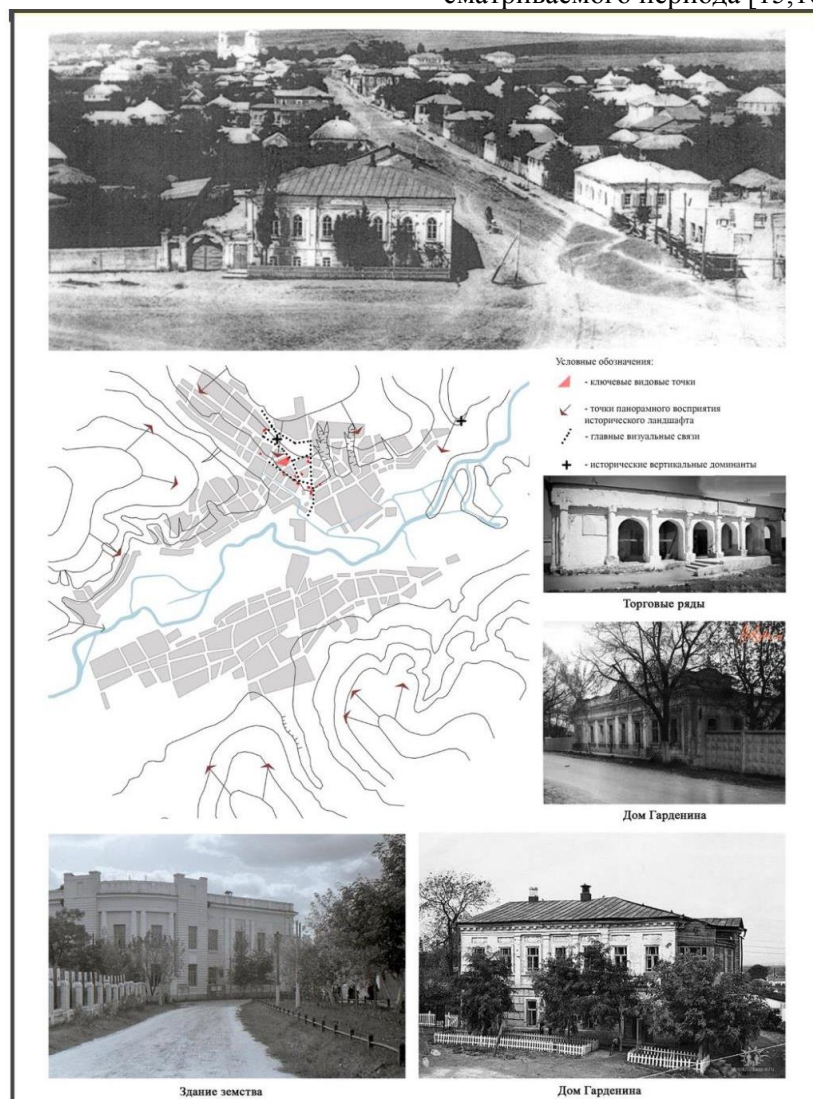


Рис. 2. Взаимосвязь городского и природного ландшафта малого исторического г. Бирюч, XVI-XIX вв. Сост. Перькова М.В., Трибунцева К.М.

Третий период (1917 – 1954 гг.) характеризуется сменой политического строя и военными событиями, которые привели к стагнации городов. Например, в 1917 году по причине неприятия советской власти жителями, г. Бирюч потерял статус города и переименован в с. Красногвардейское. Оказались перекрыты основные торговые пути, обеспечивающие процветание городу. Вторым значимым военным конфликтом в истории приостановил развитие территории региона в целом в результате военных действий во время Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.). Восстановление народнохозяйственной деятельности в городах Белгородской области потребовало больших усилий и времени.

Четвертый период (1954 – 1991 гг.). Характеризуется применением типовой застройки, формированием базовых отраслей промышленности советского периода. При этом происходила потеря идентичности среды (например, снос фрагментов Белгородской крепости с целью разработки мелового карьера и строительства завода, разрушение храмовой архитектуры и т.д.). Широкомасштабное освоение железных руд послужило толчком к строительству нового города г. Строитель [1].

Пятый период (1991- по наст время) - развитие индивидуальной жилой застройки по периферии, формирование экономики третьего экономического уклада, повышение качества среды жизнедеятельности (благоустройство городов, развитие социальной инфраструктуры, ориентированной на разные виды потребителей) и возврат к духовным ценностям. Знаменуется активной деятельностью по восстановлению, реставрации и новому строительству храмовой архитектуры, а также деятельности в отношении объектов, обладающих признаками культурного наследия (выявление и составление списков и экспертиза, определение предмета охраны и пр.) [11].

Основными особенностями функционально-планировочной структуры малых городов являются: преемственность в развитии градообразующей базы и планировочных характеристик территории; регулярность градостроительной структуры городов; «слободской» характер освоения территорий [10].

На втором этапе было проведено качественное и количественное исследование территории на современном этапе развития, особенности функционально-планировочной структуры территории семи малых городов: Алексеевки, Валук, Грайворона, Шебекино, Бирюча, Нового Оскола, Шебекино. В городе выявляются четко обособленные фрагменты, которые соответствуют интересам и потребностям групп населения. Пространственная организация города включает центр,

жилые ячейки (кварталы, микрорайоны), улично-дорожную сеть, места приложения труда, сеть образовательных учреждений, рекреацию. Качественный и количественный анализ заключается в выявлении элементов городской структуры, которые обеспечивают в полной мере интересы всех социальных групп населения города. При этом качество искусственно-естественной среды города является приоритетом.

1. Изучение и анализ экологического каркаса и функционального зонирования (рис. 3).

2. Структурный анализ общественных и рекреационных пространств, в том числе зеленых зон прибрежных территорий малых рек (рис. 4).

3. Графоаналитический анализ социальной инфраструктуры города в XXI в (рис. 4).

4. Выявление историко-культурного своеобразия города (идентичности).

Сохранение своеобразия (идентичности) места является условием устойчивого развития архитектурно-исторической среды и выражает то «стабильное», которое обеспечивает воплощение «принципа устойчивости» [6]. О защите идентичности места без препятствий к его эволюции говорится также в принципах Валлетты. В разработанной методике предлагается три уровня изучения культурно-исторического своеобразия города:

- 1) разработка историко-культурного опорного плана (рис. 5);

- 2) изучение исторического центра на современном этапе развития и классификация объектов, обладающих признаками историко-культурного наследия (рис. 6);

- 3) архитектурно-типологический анализ сохранившихся зданий и сооружений XIX – начала XX века.

Изучение историко-культурной среды исторических центров восьми малых городов выявило, что памятники архитектуры сохранились в незначительном количестве, представляют собой достаточно простые по архитектуре и декору здания и сооружения конца XVIII - начала XIX вв. Многовековое движение переселенцев из Украины отразилось на этнокультурных традициях рассматриваемых городов, обладающих признаками культурно-исторического наследия (рис. 7). Архитектурно-типологический анализ зданий и сооружений XIX – начала XX вв. выявил архитектурно-планировочные особенности планировки исторических городских центров, качественные преобразования которых отражают циклический характер развития планировочной структуры. Современный этап развития исследуемых малых городов характеризуется некоторой стагнацией, которая прямо пропорциональна удаленности от областного центра.

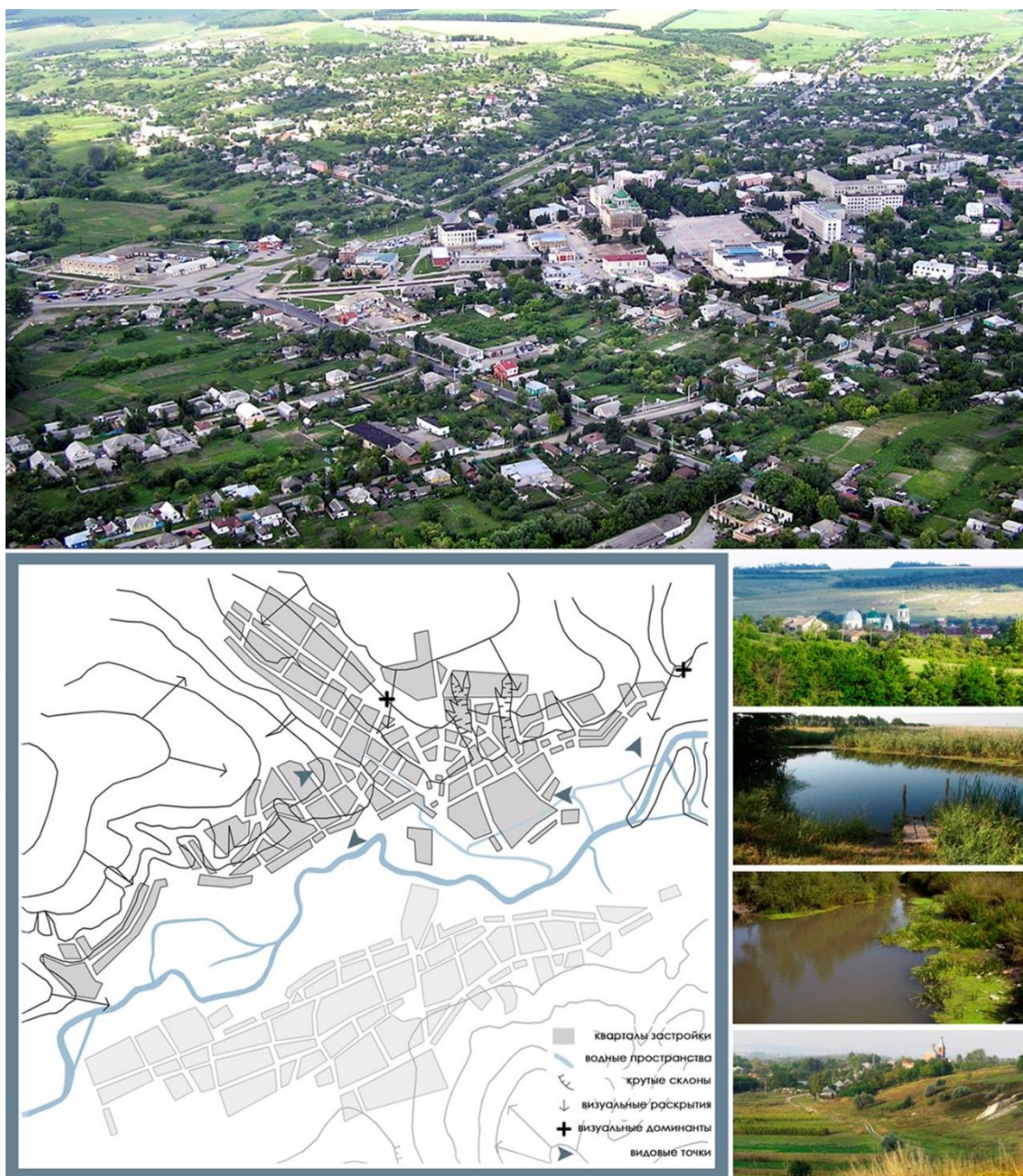


Рис. 3. Ландшафтно-визуальный анализ г. Бирюч, XXI в.

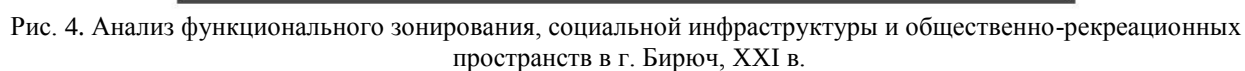
3 этап. Выявление и классификация градостроительных конфликтов и противоречий развития, построение картографической модели.

Градостроительное условие устойчивого развития города – разрешение конфликтов градостроительных мотиваций развития. На всех этапах осуществляется анализ элементов городской среды, выявляются конфликты участников процесса градостроительной деятельности и конфликты интересов различных социальных групп по отношению к организации пространства. Все выявленные конфликты по отношению к пространству делятся на пять видов: 1) имущественные, 2) землепользовательские, 3) нормативно-правовые, 4) транспортные, 5) социально-функциональные.

В результате анализа планировочной

структуры в каждом из изучаемых городов были выявлены и классифицированы градостроительные конфликты. Наиболее распространенными градостроительными конфликтами в исследуемых городах являются:

1. Нормативно – правовые (нарушение прав использования приречных территорий; недостаточный учёт природно-ландшафтных факторов; конфликт между характером регламентированного использования приречных территорий и несбалансированной территориально-планировочная структура приречных территорий; наличие выявленных историко-культурных объектов и отсутствие действий по их реконструкции, реставрации и приспособления согласно предмету охраны).



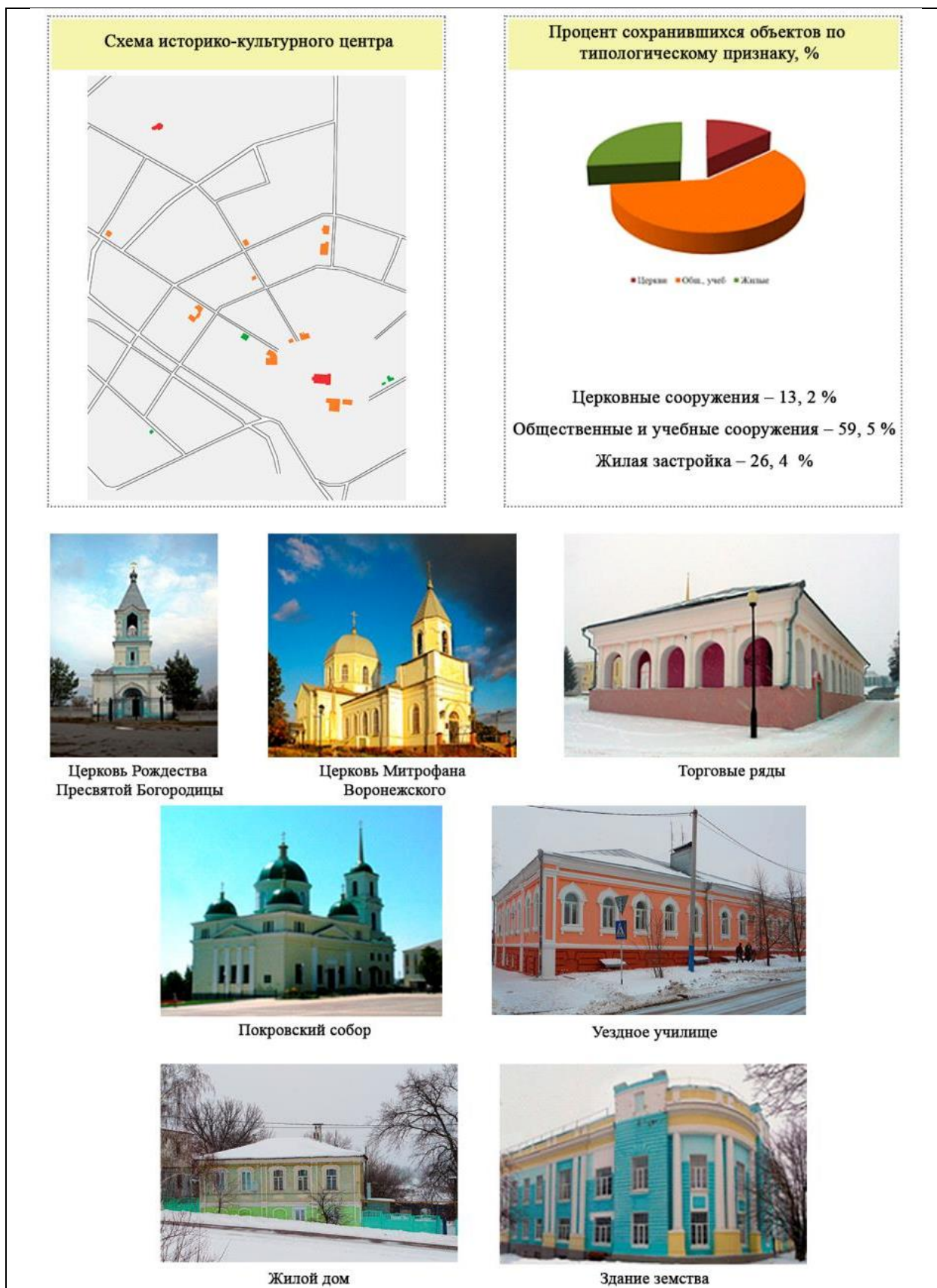


Рис.6. Анализ функционально-планировочной структуры исторического центра г. Бирюч в XXI веке. Сост. Перькова М.В., Трибунцева К.М.

2. Имущественные (нецелесообразное использование приречной территории; конфликт интересов использования приречных территорий в качестве промышленных; самозахват

приречных территорий в хозяйственных целях).

3. Социально-функциональные (качества среды, наличия объектов социальной инфраструктуры и потребностей населения;

отсутствие структурных взаимосвязей рекреационных мест; нерациональное использование территорий города; отсутствие мест рекреации и кратковременного отдыха населения; несанкционированные свалки в водоохранной зоне).

4. Землепользовательские (конфликт между характером использования территории и ее природным потенциалом; отсутствие буферной зоны между жилой застройкой и промышленными предприятиями;

истощительное использование приречных территорий; отсутствие буферной зоны водных объектов; неконтролируемая распашка пойменных территорий под огороды; утрата ландшафтного своеобразия береговой полосы).

5. Транспортные (конфликт потребностей финансирования для развития транспортной инфраструктуры; конфликт нерациональной пешеходной сети в структуре приречных территорий; отсутствие сформированных выходов к водным объектам) (рис. 8).

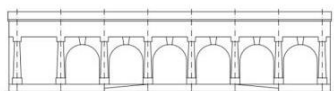
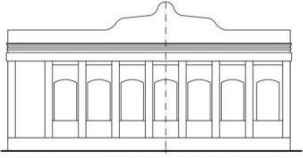
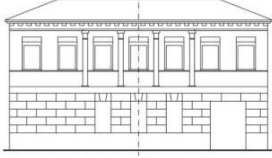
Название объекта, адрес	Торговые ряды (Соборная пл.)	Дом Гарденина	Старое здание банка (ул. 1 Мая)
Автор	Неизвестен	Арх. Василий Белокопытов	Неизвестен
Время создания	1895 г.	1890 г.	1895 г.
Общий вид			
Композиционная схема фасада			
Стилевое направление	Классицизм	Эклектика	Эклектика с преобладанием классицистических элементов декора
Первоначальная функция	Общественного назначения	Жилой дом	Здание банка
Категория гос. охраны	Памятник истории и культуры	Памятник истории и культуры	Памятник истории и культуры

Рис. 7. Архитектурно-типологический анализ сохранившихся зданий и сооружений города, обладающих признаками культурно-исторического наследия г. Бирюч. Сост. Трибунцева К.М., Перькова М.В.

4 этап. Разработка новых и адаптация существующих методов для разрешения градостроительных конфликтов интересов и ценностей на территориях различного функционального назначения. В исследовании предлагается три усовершенствованных метода разрешения градостроительных конфликтов на уровне города:

1. *Метод экологической стабилизации приречных территорий малых рек* заключается в поиске баланса интересов и ценностей природы и человека на территориях города, прилегающих к реке.

2. *Метод разрешения социально-инфраструктурных противоречий развития общественных пространств* позволит найти пути гар-

монизации интересов различных групп потребителей, обеспечить качественную среду жизнедеятельности для современного общества.

3. *Метод адаптации деградированных промышленных территорий* предполагает рефункционализацию промышленных зон малых городов, создание инвестиционно-привлекательной среды и новых мест приложения труда.

Разработан и апробирован *метод гармонизации интересов и ценностей* путем поиска компромисса между участниками градостроительной деятельности для территорий с различной функциональной нагрузкой на примере социальной адаптации придомовых территорий многоквартирных жилых домов (на примере квартальной и микрорайонной жилой застройки г. Белгорода).

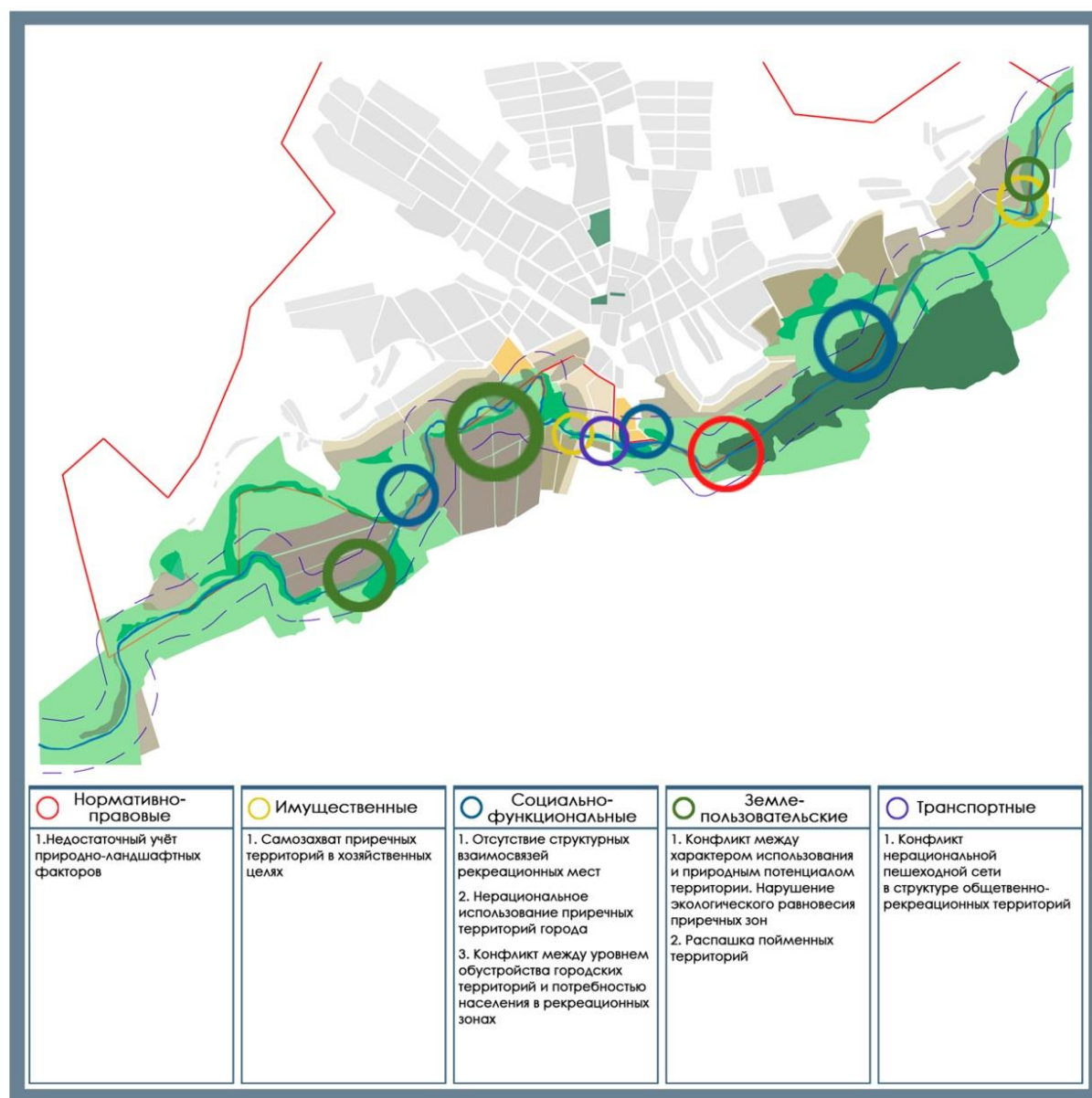


Рис. 8. Конфликты приречных территорий города Бирюч. Сост. Перькова М.В., Баклаженко Е.В.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генеральный план городского поселения «Город Строитель» Белгородской области. Т.1. Пояснительная записка. Белгород. 2009., Районы Белгородской области. Бородин А.С. Белгород. 1988.
2. Генеральный план городского поселения «Город Валуйки» Белгородской области. Т.1. Пояснительная записка. Белгород. 2008.
3. Генеральный план городского поселения «Город Грайворон» Белгородской области. Т.1. Пояснительная записка. Белгород. 2008.
4. Генеральный план городского поселения «Город Алексеевка» Белгородской области. Т.1. Пояснительная записка. Белгород. 2009., Отчет «Корректировка генерального плана городского поселения «Город Короча» Белгородской области». «Материалы обоснования». Т. II. Белгород 2008.
5. Гуляницкий Н.Ф. Градостроительство Московского государства XVI–XVII веков. Под общ. Ред. Н.Ф. Гуляницкого. М.: Стройиздат, 1994. 317 с.
6. Есаулов Г.В. Архитектурно-градостроительное наследие Юга России: Его формирование и культурный потенциал. дисс. на соис.д.арх., М., 2004, 482 с.
7. Загоровский В.П. Воронежский край с древнейших времен до конца VII века. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1976, 192 с.
8. Загоровский В.П. Глава III. Географическое описание Изюмской черты // Изюмская черта. Воронеж: Изд-во: ВГУ, 1980. 239 с.

9. Ильин А.И., Ткаченко, К.Е., Битюгин К.Е. Белгородские воеводы. Конец XVII века. – Белгород: Отчий край, 2004. 56 с.

10. Колесникова Л.И., Семенцов С.В. Белгородские городские усадьбы XVIII в. // Вестник БГТУ им. Шухова. 2018. № 3. С. 65-68.

11. Колесникова Л.И. Региональные особенности деревянных храмов Белгородчины на примере храма Пророка Илии в селе Верхососна Бирюченского района Белгородской области // Вестник БГТУ им. Шухова. 2015. № 5. С. 21–25.

12. Овчинников В.В. Царев – Алексеев – Новый Оскол: история новооскольской земли X-XXI вв. / Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2009. 320 с.

13. Подключников В. Стратегический фактор в общей планировке древнерусских городов. Сообщения кабинета теории и истории архитектуры. Вып. 3. М.: Издание Академии архитектуры СССР, 1943.

14. Перькова М.В., Трибунцева К.М., Киселев С.Н. Исторический аспект формирования функционально-планировочной структуры малых городов Белгородской области // Эл. сб.

докл. Региональной научно-практ. конф. / Белгор. гос. технол. Ун-т (Белгород, 9-10 апреля 2015 г.). Белгород: Изд-во БГТУ, 2015.

15. Перькова М.В., Трибунцева К.М. Возникновение и развитие малых городов Белгородской области. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 144 с.

16. Перькова М.В. Исторический процесс формирования региональной системы расселения на территории Белгородской области // Вестник БГТУ им. Шухова. 2017. № 12. С. 103–109.

17. Перькова М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных противоречий развития на региональном уровне // Вестник БГТУ им. Шухова. № 4. 2018. С. 62–72.

18. Перькова М.В., Конфликтологический подход в градостроительстве // Архитектура и строительство России. 2018. № 2. С. 92–99.

19. Чернова Е.Б. Социологическое обоснование стратегий территориального развития: методологические и практические аспекты // Региональная экономика. Юг России. 2017. №1 (15). С. 36–46.

Информация об авторах

Перькова Маргарита Викторовна, кандидат архитектуры, доцент, заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства.

E-mail: perkova.margo@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.

Поступила в июне 2018 г.

© Перькова М.В., 2018

Perkova M.V.

THE METHOD OF IDENTIFICATION AND ALLOWANCE OF TOWN-PLANNING CONFLICTS AND CONTRADICTIONS OF DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF SMALL CITIES OF BELGOROD REGION

Within the framework of the developed conflictological approach, a method of identifying and resolving urban conflicts at the local level was developed and tested on the example of seven small towns of the Belgorod region. Identified the periodization of the development of functional-planning structure of cities of Valuyki, Korocha, Alekseevka, Grayvoron, Shebekino, Biryuch, New Oskol. 1 period (formation of strongholds as outposts for the protection of the Southern borders), 2 period (development of regular planning of cities, the formation of a multi-city-forming base), 3 periods (the use of standard construction, the formation of basic industries of the Soviet period), 4 period (development of individual residential development, the formation of the economy of the third economic structure). The qualitative assessment of the functional planning structure revealed historical, spatial and functional patterns of urban development, as well as urban conflicts and contradictions in the development of the territory. For the resolution of urban conflicts and contradictions of development at the local level, the improved methods are proposed: the method of ecological stabilization of the coastal zones of small rivers, the method of adaptation of degraded industrial areas (on the example of Shebekino). The method of harmonization of interests and values was developed and tested by finding a compromise between the participants of urban development for areas with different functional load on the example of social adaptation of the local areas of apartment buildings (for example, quarterly and microdistrict residential buildings in Belgorod).

Keywords: small town, urban development, urban conflicts and development contradictions, methods.

REFERENCES

1. Master plan of the city settlement "City Builder" Belgorod region. T.1. Explanatory note. Belgorod. 2009, Areas of the Belgorod region. Borodin A. S. Belgorod, 1988.
2. Master plan of the city settlement "City of Valuyki" of the Belgorod region. T.1. Explanatory note. Belgorod, 2008.
3. Master plan of the city settlement "City of Grayvoron" of the Belgorod region. T.1. Explanatory note. Belgorod. 2008.
4. Master plan of the city settlement "City of Alekseyevka" of the Belgorod region. T.1. Explanatory note. Belgorod 2009, Report "Updating of the master plan of the city settlement "City of Korocha" of the Belgorod region". "Justification materials" of T. II. Belgorod, 2008.
5. Gulyanitsky N.F. Town planning of the Moscow state of the XVI-XVII centuries. Under a general Edition of N.F. Gulyanitsky. M.: Stroyizdat, 1994, 317 p.
6. Esaulov G.V. Architectural and town-planning heritage of the South of Russia: His formation and cultural potential. M., 2004, 482 p.
7. Zagorovsky V.P. The Voronezh region since the most ancient times until the end of the 7th century. Voronezh: VSU publishing house, 1976, 192 p.
8. Zagorovsky V.P. Chapter III. Geographical description of Izyumsky line. Izyumsky line. Voronezh: Publishing house: VSU, 1980, 239 p.
9. Ilyin A.I., Tkachenko K.E., Bityugin K.E. Belgorod voivodes. End of the 17th century. Belgorod: Native land, 2004, 56 p.
10. Kolesnikova L.I., Sementsov S.V. The Belgorod city estates of the 18th century. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 3, pp. 65–68.
11. Kolesnikova L.I. Regional features of wooden temples of Belgorod region on the example of the temple of the Prophet Eli in the village of Verkhososna of Biryuchensky district of the Belgorod region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2015, no. 5, pp. 21–25.
12. Ovchinnikov V.V. Tsarev – Alekseev – New Oskol: history of the new Oskol earth of the 10-21st centuries. Belgorod: CJSC Belgorod Regional Printing House, 2009, 320 p.
13. Podklyuchnikov V. A strategic factor in the general planning of the Old Russian cities. Messages of an office of the theory and history of architecture. Issue 3. M.: Edition of Academy of architecture of the USSR, 1943.
14. Perkova M.V., Tribuntseva K.M., Kiselyov S.N. Historical aspect of formation of functional and planning structure of the small cities of the Belgorod region. Regional scientific. Un-t (Belgorod, on April 9-10, 2015) Belgorod: BGTU publishing house, 2015.
15. Perkova M.V., Tribuntseva K.M. Emergence and development of the small cities of the Belgorod region. Belgorod: BGTU publishing house, 2016, 144 p.
16. Perkova M.V. Historical process of formation of regional system of resettlement in the territory of the Belgorod region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 12, pp. 103–109.
17. Perkova M.V. A technique of identification and permission of town-planning contradictions of development at the regional level. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 4, pp. 62–72.
18. Perkova M.V., Konfliktologichesky approach in town planning. Architecture and construction of Russia, 2018, no. 2, pp. 92–99.
19. Chernova E.B. Sociological justification of strategy of territorial development: methodological and practical aspects. Regional economy. South of Russia, 2017, no. 1 (15), pp. 36–46.

Information about the author

Margarita V. Perkova, PhD, Professor.

E-mail: perkova.margo@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in June 2018

Для цитирования:

Перькова М.В. Методика выявления и разрешения градостроительных конфликтов и противоречий развития на примере малых городов Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 74–84. DOI: 10.12737/article_5bab4a1e8e3737.51972200

For citation:

Perkova M.V. The method of identification and allowance of town-planning conflicts and contradictions of development on the example of small cities of Belgorod region. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 74–84. DOI: 10.12737/article_5bab4a1e8e3737.51972200

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_5bab4a1f2e3bd4.05302545

Клименко В.Г., канд. техн. наук, доц.,
Чернышёв А.З., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО И ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА

В работе, в качестве компонента улучшающего свойства магнезиального вяжущего, исследован железорудный концентрат Лебединского ГОКа и продукты его термообработки.

Показано, что железорудный концентрат, содержащий значительные количества магнетита, улучшает структуру магнезиальной матрицы за счет ускоренного образования кристаллов оксихлорида магния, кольматирующих поры материала, и тем самым повышает физико-механические характеристики композиционного материала.

Предложен механизм модифицирования магнезиальных вяжущих железорудным концентратом, заключающийся в формировании мелкокристаллической структуры материала, армированной удлиненными кристаллами оксихлорида магния. Компоненты железорудного концентрата и магнезиальное вяжущее, имеющие повышенные сорбционные свойства, значительно ускоряют формирование такой структуры.

Ключевые слова: магнезиальное вяжущее, каустический магнезит, железорудный концентрат, магнетит, гематит, хлорид магния, водостойкость, микроструктура, кольматация пор, РФА, ДТА, РЭМ, pH.

Введение. Магнезиальные вяжущие вещества, наряду с гипсовыми, относятся к воздушным вяжущим веществам. Основу их составляет каустический магнезит и каустический доломит, которые получают обжигом магнезита или доломита. Каустический магнезит так же, как и нерастворимый ангидрит при затворении водой самостоятельно не гидратируется и не твердеет. Нужны активирующие добавки, в качестве которых чаще всего используются хлорид и сульфат магния. По срокам твердения магнезиальные вяжущие занимают промежуточное положение между портландцементом и гипсовыми вяжущими веществами.

Широкое распространение в нашей стране магнезиальные вяжущие, наряду с гипсовыми, ангидритовыми и известковыми, получили после Великой Отечественной войны, когда нужно было много дешевых и доступных строительных материалов для восстановления страны. Значительный вклад в развитие теории и практики производства магнезиальных вяжущих внесли такие ученые как: Ю.М. Бутт, Ю.М. Баженов, Л.Я. Крамар, Р.З. Рахимов, Л.Б. Сватовская, В.Н. Зырянова, Л.Я. Крамар и др. [1, 2].

В современной строительной индустрии России магнезиальные вяжущие вещества и строительные материалы на их основе не находят широкого распространения. Вместе с тем, данная группа вяжущих имеет ряд важных преимуществ (достоинств), таких как: высокая механическая

прочность на сжатие, низкая истираемость, высокая прочность сцепления с заполнителями и наполнителями, стойкость к воздействию агрессивных сред, бактерицидность, высокая технологичность. Дополнительными стимулами к применению материалов на магнезиальных вяжущих является значительная распространенность магнезиального и доломитового сырья, малая энергоемкость получения каустического магнезита, повышенные защитные свойства от электромагнитных излучений.

К недостаткам магнезиальных вяжущих, ограничивающих их применение, необходимо отнести неравномерность изменения объема при твердении, низкую водостойкость, повышенную гигроскопичность [3]. Технические решения, предлагаемые в настоящее время для устранения данных недостатков, не идеальны и требуют дополнительных исследований.

В связи с этим, исследования в области получения эффективных композиционных материалов на основе магнезиальных вяжущих и местных наполнителей и заполнителей являются актуальными и заслуживают внимания. Организация производства магнезиального вяжущего из местных природных материалов позволит получить дешевый и высококачественный продукт, пригодный для производства широкого ассортимента строительных материалов, таких как: сухие строительные смеси (ССС), стеновые материалы, листовые изделия, самовыравнивающие

еся полы, материалы для защиты от электромагнитного и ионизирующего излучения. Кроме того, как с практической, так и с теоретической стороны, актуальными являются дальнейшие исследования процессов и продуктов взаимодействия в магнезиальных системах, содержащих различные типы наполнителей и заполнителей, в том числе и на основе оксидов железа. Исходя из этого, планировалась цель и задачи исследования.

Целью представленной работы была разработка составов водостойких сухих строительных смесей на основе магнезиального вяжущего и железорудного концентрата.

Методология. В качестве основного сырьевого компонента в работе использован железорудный концентрат Лебединского ГОКа. ЖК имеет следующий химический состав, масс. %: Fe_3O_4 – 94–96; Fe_2O_3 – 0,5–1,0; SiO_2 – 2,0–4,0. Магнетит (МГ), являющийся основной частью ЖК, – слабоокисленная железная руда черного цвета с размером частиц не более 35 мкм, плотностью 5800 кг/м³, удельной поверхностью 404–412 м²/кг [4,5]. Величина pH его водных суспензий (В/Т=12,5) равна 9,0–9,2 [6]. Гематит получали обжигом ЖК при 800 °С в течение одного часа в муфельной печи. В работе также использован каустический магнезит (MgO) по ГОСТ 4526-75 спецификации ч.д.а. с содержанием оксида магния не менее 98 %, а также $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ по ГОСТ 4209-77 спецификации ч.д.а., содержание хлорида магния в котором не менее 98 %. Плотность MgO 3100–3400 кг/м³. Величина pH водной суспензии MgO (В/Т=12,5) – 11,1; насыщенного раствора MgCl_2 (В/Т=12,5) – 8,1; магнезиального вяжущего (МВ) (В/Т=6,25) – 9,16.

За основу взят литевой способ получения композиционных материалов. Тщательно перемешанная смесь ЖК и продуктов термообработки ЖК с каустическим магнезитом затворялась раствором MgCl_2 до получения нужной консистенции. Материал заливался в формы размером 2×2×2 см и твердел в паровоздушной среде. Физико-механические характеристики материала определяли после 7 сут твердения в высушенном до постоянной массы виде.

Исходные вяжущие вещества и материалы на их основе исследовались с помощью дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового (РФА) и потенциометрического методов анализа. Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-4 методом порошковых дифрактограмм, а ДТА – на приборе NETZSCH STA в аргонно-кислородной среде (ϕ_{Ar} =20 об. %). Нагрев проб проводили в Pt/Rh тиглях до 1000 °С со скоростью 10 °С в минуту. Структура матери-

ала изучалась на растровом электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU.

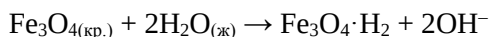
Обсуждение результатов. В связи с заявленной целью, авторами работы проведено модифицирование магнезиального цемента железорудным концентратом Лебединского ГОКа и продуктами его термообработки. Вначале была выбрана оптимальная концентрации MgCl_2 , в качестве жидкости затворения каустического магнезита. Известно [7,8], что химический состав затворителя существенно влияет на прочностные характеристики магнезиальных бетонов. Оптимальная концентрация жидкости затворения 26 мас. % ($\rho = 1220$ кг/м³). Расплыв конуса 180 мм, В/Т = 0,33.

Изучено влияние ЖК и продуктов термообработки ЖК при 800 °С (ЖК_{800}) на физико-механические характеристики магнезиального цемента. Из полученных данных рис. 1 следует, что в магнезиальное вяжущее без ухудшения его физико-механических характеристик можно вводить до 60 мас. % ЖК. При этом механическая прочность на сжатие с увеличением количества добавки ЖК увеличивается практически линейно. Количество добавки ЖК более 60 мас. % приводит к падению прочности композиционного материала, что связано с недостатком вяжущего вещества для связывания частиц наполнителя. Частицы наполнителя начинают контактировать друг с другом, нарушая структуру материала. Необходимо отметить, что даже при количестве добавки ЖК 80 мас. % прочность композиционного материала выше, чем у чистого магнезиального вяжущего.

Установлено, что термообработка ЖК при 800 °С с переводом магнетита в гематит, несколько снижает его активность. Это мы связываем с образованием значительного количества мелких кристаллов гематита. Для данного наполнителя также существует оптимальная концентрация добавки, составляющая 50–60 мас. %. Большие количества добавки приводят к падению прочности материала. ЖК увеличивает плотность материала с 1500 кг/м³ (МВ) до 2300–2500 кг/м³ (композиционный материал с количеством добавки ЖК 80 %) рис. 1 б,г. Полученный материал набирает основную прочность в течение 14 сут твердения. После 14 сут набор прочности продолжается, но менее интенсивно.

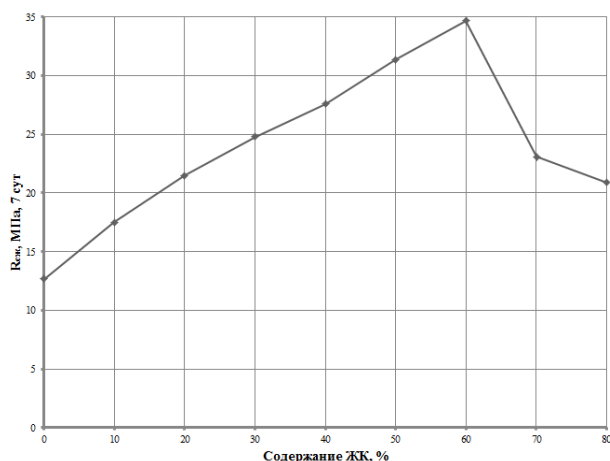
Рост прочности МВ с увеличением количества добавки ЖК и ЖКТ можно объяснить двумя возможными причинами: первая – уплотнение структуры за счет модифицирования магнезиальной матрицы ЖК, вторая – образование химических соединений в системе МВ + ЖК. **Магнетит обладает высокой сорбционной способностью**

к катионам и поляризует воду с отрывом ионов OH^- .

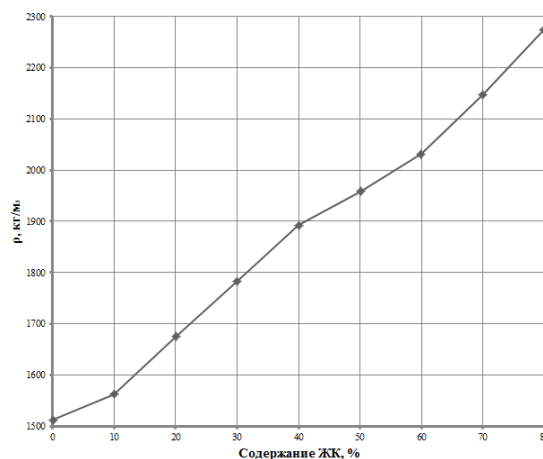


При смешивании суспензий МВ и ЖК, в зависимости от кислотности среды, наряду с гидроксохлоридами магния состава $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ могут образовываться гидроферриты магния, что подтверждается результатами ДТА (рис. 2) и РФА (рис. 3). ДТА МВ (рис. 2 а) отличается от ДТА композиционного материала состава МВ+ЖК (рис. 2 б). На дериватограмме МВ имеется два основных эндотермических эффекта:

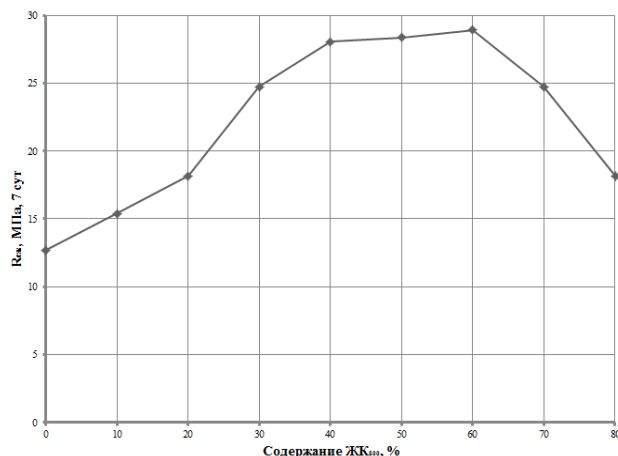
первый – при $131,2^\circ\text{C}$, а второй – при $451,8^\circ\text{C}$. Общая потеря массы составляет $44,08\%$. Гидратная вода теряется в два этапа. Первый этап связан с нагревом проб до 200°C , а второй – $300\text{--}500^\circ\text{C}$. Термограмма гидратированного МВ идентична термограмме чистого $\text{Mg}(\text{OH})_2$ [9]. Вместе с тем, МВ имеет несколько большие ППП ($44,08$), чем $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (35%), что указывает на присутствие в композиционном материале оксихлоридов магния. В присутствии ЖК на термограммах более четко проявляются эндоэффекты при $192,3$; $341,6$; 375 ; $416,2^\circ\text{C}$ и экзоэффекты при $250,0$ и $505,4^\circ\text{C}$.



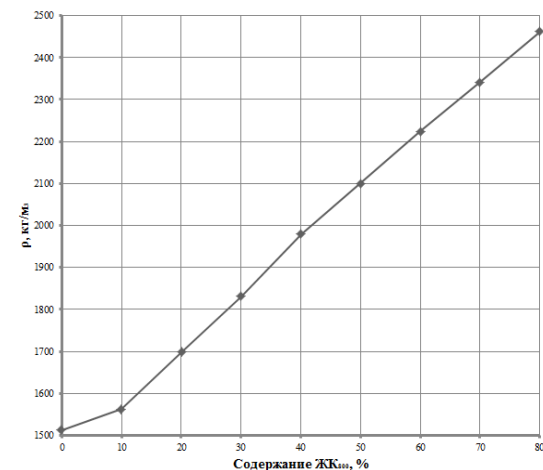
а)



б)



в)



г)

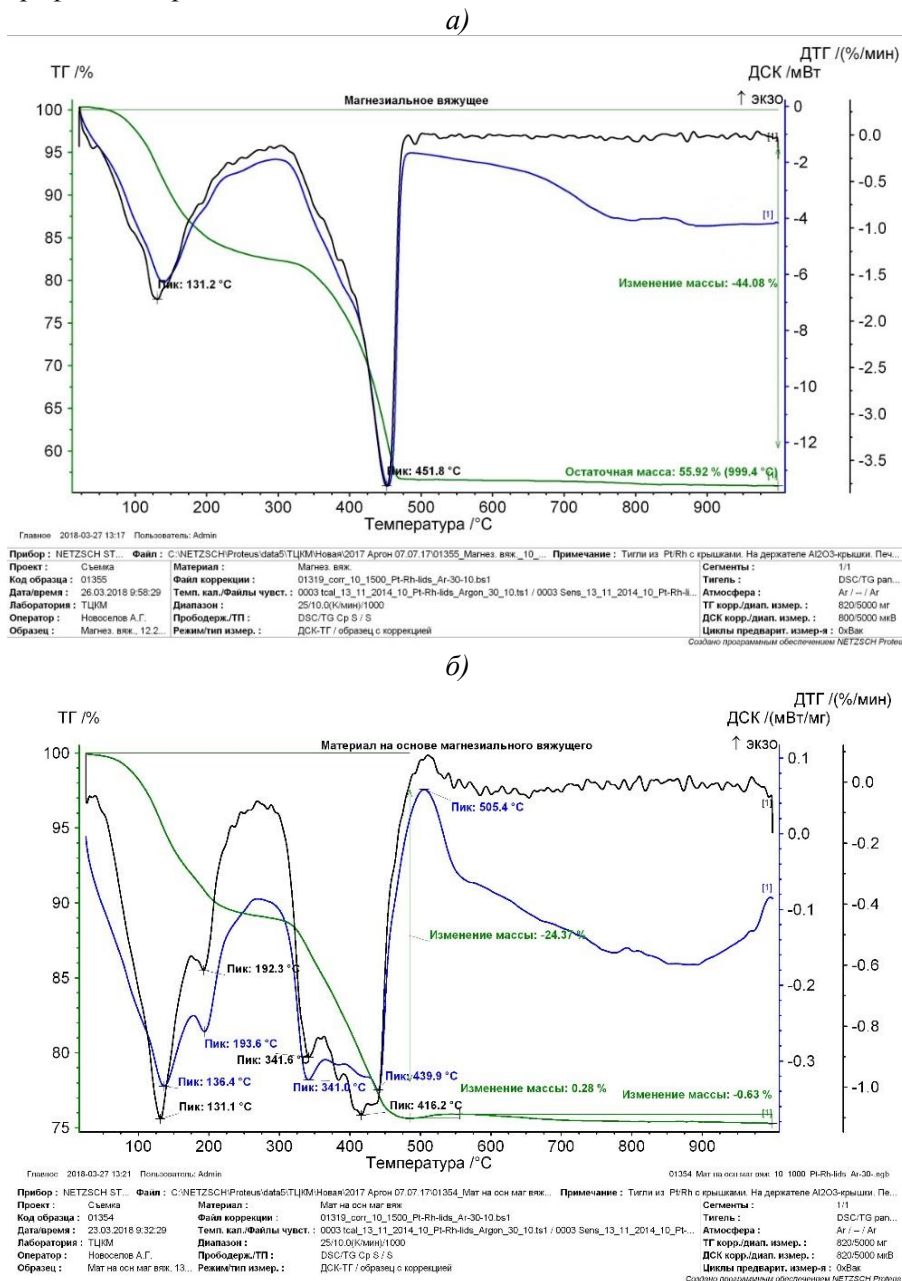
Рис. 1 Влияние железорудного концентрата на физико-механические характеристики магнезиального цемента: а, в – влияние ЖК и ЖК₈₀₀ на прочность магнезиального цемента; б, г – влияние ЖК и ЖК₈₀₀ на плотность магнезиального цемента

Присутствие оксихлоридов магния состава $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ подтверждается наличием рефлексов на рентгенограмме при межплоскостных расстояниях, Å: $7,531$; $4,171$; $2,38$ (см. рис. 3). Карбонизированные оксихлориды магния

состава $\text{Mg}_4\text{Cl}_2(\text{OH})_2 \cdot (\text{CO}_3) 6\text{H}_2\text{O}$ ($d=11,5$ Å) отсутствуют. В продуктах гидратации магнезиального вяжущего присутствует $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($d=4,796$; $2,38$; $1,807$; $1,57$; $1,49$ Å). На РФА МВ соответ-

ствуют рефлексы при межплоскостных расстояниях, Å: 7,531; 6,463; 3,345; 5,867; 4,796; 4,506; 4,171; 3,754; 3,296; 2,983; 2,734; 2,652; 2,571; 2,439; 2,380; 2,273; 2,217; 2,113; 1,975; 1,933; 1,807, а ЖК – рефлексы при межплоскостных

расстояниях, Å: 4,086; 3,909; 3,345; 3,126; 2,974; 2,536; 2,426; 2,099; 1,799; 1,720; 1,612; 1,479. На РФА фиксируется присутствие гидроферритов магния ($d=2,512; 2,08$ Å).



Особый интерес представляет изучение структурообразования магниальной матрицы в присутствии ЖК, обладающего повышенной сорбционной способностью к различным катионам. Для этого была выполнена РЭМ составов МВМ–60 и МВГ–60 с содержанием магнетита и гематита 60 мас. %. рис.4. Образование игольчатых и плоскопризматических кристаллов оксихлорида магния хорошо просматривается на границах с наполнителем и в поровом пространстве

материала. Видно, что частицы наполнителя за счет повышенных сорбционных свойств МВ и ЖК образуют значительное количество контактов срастания с магниальной матрицей. В конечном итоге это приводит к росту прочности композиционного материала с увеличением количества добавки ЖК. Для сравнения у материалов на основе гипсовых вяжущих и ЖК прочность материала с увеличением добавки ЖК не

растет, а падает, что указывает на слабые сорбционные свойства сульфата кальция. Катионы Fe^{+3} и Fe^{+2} ведут себя в структуре магнезиальной матрицы по-разному. Катионы Fe^{+2} встраиваются в структуру новообразований, в начальный период

гидратации, снижая растворимость оксигидрохлоридов магния, а катионы Fe^{+3} адсорбируются на поверхности гидратных фаз, нейтрализуя их отрицательный заряд, снижая притяжение диполей воды.

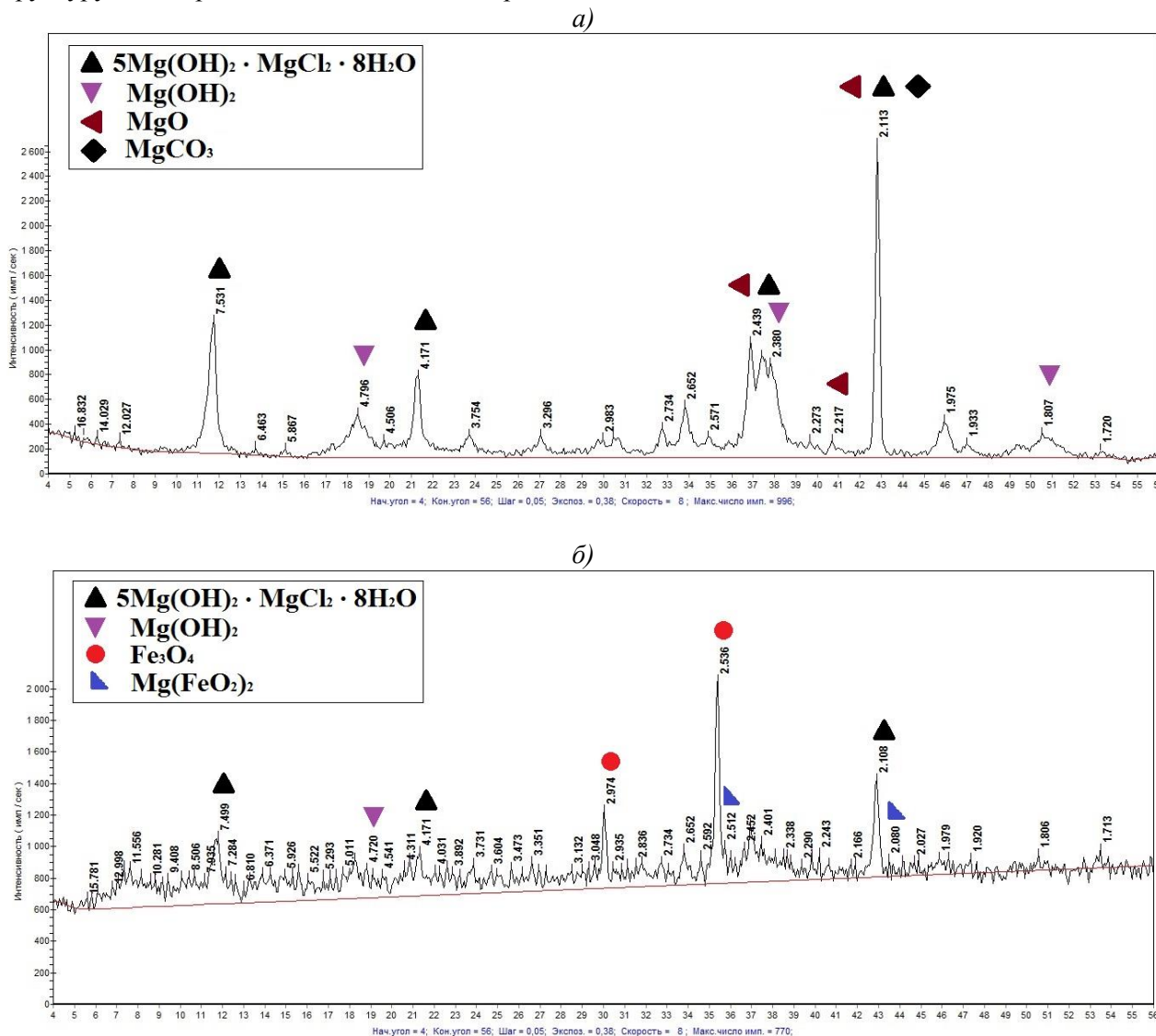


Рис. 3. Рентгенофазовый анализ:

а – магнезиальное вяжущее; б – композиционный материал состава 50% МВ + 50% ЖК (7 суток твердения)

Эффективным способом снижения гигроскопичности магнезиальных материалов может стать нейтрализация заряда поверхности гидратных новообразований путем введения в структуру противоположных заряженных ионов. Учитывая, что структурообразующие фазы хлоромagneзиального камня заряжены отрицательно, то для нейтрализации его поверхности необходимы добавки, способные к диссоциации при гидролизе с образованием положительно заряженных ионов двух- и трехвалентных металлов, таких как железо, цинк, алюминий.

Водостойкость полученного материала определялась по коэффициенту размягчения. У композиционного материала состава 40 % МВ + 60 % ЖК он составляет 0,8. Образцы чистого МВ в воде быстро разрушаются. Согласно литературным данным [10], введение в состав магнезиального вяжущего добавок Fe^{3+} в виде тонкоизмельченной железной руды с содержанием Fe_2O_3 до 65 % положительно влияет на повышение его водостойкости. Повышает водостойкость магнезиального цемента сульфатный затворитель. Но сульфомагнезиальный камень имеет прочность вдвое меньше, чем оксигидрохлоридный.

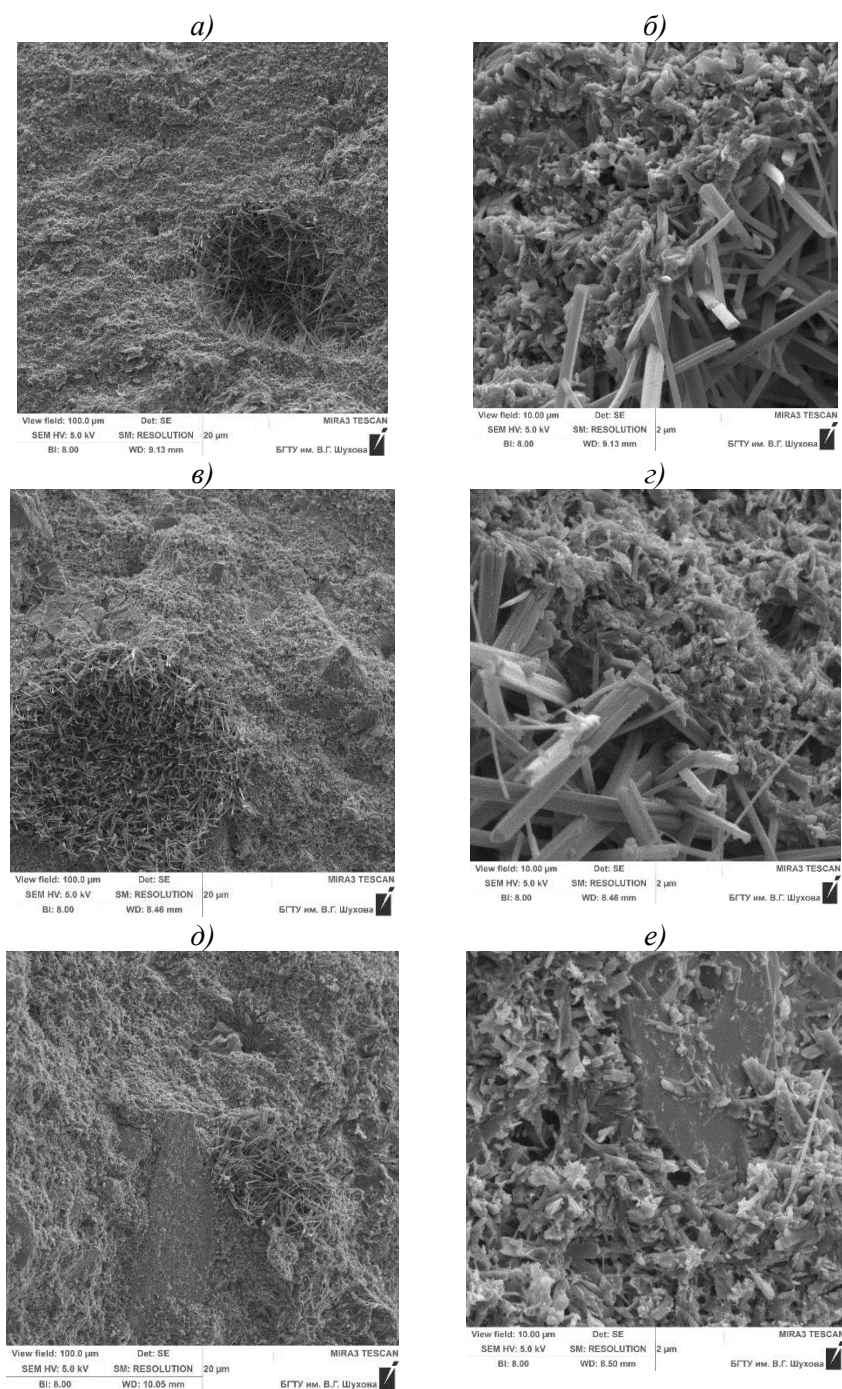


Рис. 4. Микрофотографии:

a, б – MB; *в, г* – MB + ЖК (MBM-60); *д, е* – MB + ЖК₈₀₀ (MBГ-60) *a, в, д* – разрешение съемки 100 мкм; *б, г, е* – разрешение съемки 10 мкм

Выводы. На основе теоретических и экспериментальных данных установлена возможность использования железорудного концентрата Лебединского ГОКа в производстве сухих строительных смесей на основе магнезиального вяжущего. Показано, что железорудный концентрат, содержащий значительные количества магнетита, улучшает структуру магнезиальной матрицы за счет ускоренного образования кристаллов оксихлорида магния, колюматирующих поры материала, и тем самым повышает физико-меха-

нические характеристики композиционного материала. Предложен механизм модифицирования магнезиальных вяжущих железорудным концентратом, заключающийся в формировании мелкокристаллической структуры материала, армированной удлиненными кристаллами оксихлорида магния. Компоненты железорудного концентрата и магнезиальное вяжущее, имеющие повышенные сорбционные свойства, значительно ускоряют формирование такой структуры.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
2. Шелдягин В.В. Магнезиальный цемент. М.: Госхимиздат. 1993. 140.
3. Устинова Ю.В., Насонова А.Е., Козлов В.В. Повышение водостойкости магнезиальных вяжущих // Вестник МГСУ. 2010. №4. С. 123–127.
4. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2011. № 2. P. 42.
5. Matyukhin P.V., Yastrebinskii R.N., Pavlenko V.I., Cherkashina N.I. The high-energy radiation effect on the modified iron-containing composite material // World Applied Sciences Journal. 2013. № 25. P. 1343.
6. Klimenko V. G., Kashin G. A., Prikaznova T. A. Plaster-based magnetite composite materials in construction // IOP Conf. Series Materials Science and 327 (2018) 032029 doi: 10.1088/1757-899X/327/3/032029.
7. Смирнов Б.И., Соколова Е.С., Сегалова Е.Е. Исследование химического взаимодействия окиси магния с растворами хлористого магния различной концентрации // Журнал прикладной химии. Вып. 3. С. 505–515.
8. Третьякова Н.С., Кузнецова Т.В. Влияние концентрации затворителя на свойства композиционных магнезиальных вяжущих // Строительные материалы и изделия: Межвузовский сборник научных трудов. Магнитогорск: МГТУ, 2002. С. 52–54.
9. Махрова У.В., Ещенко Л.С., Крупица Н.В. Получение полигидратов оксида магния как наполнителей для электроореологических суспензий // Труды БГТУ. Минск. 2012. №3 (150). С. 99–103.
10. Зимич В.В., Крамар Л.Я., Черных Т.Н., Пудовников В.Н., Перминов А.В. Особенности влияния добавки золя гидроксида железа на структуру и свойства магнезиального камня // Вестник ЮУрГУ. Серия. Строительство и архитектура. 2011. Вып. 13. №35. С. 25–32.

Информация об авторах

Клименко Василий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

E-mail: klimenko.vg@bstu.ru, Klimenko3497@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышёв Александр Заавич, студент.

E-mail: rusman1896@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июне 2018 г.

© Клименко В.Г., Чернышёв А.З., 2018

Klimenko V.G., Chernyshev A.Z.

COMPOSITE MATERIAL BASED ON MAGNESIA BINDER AND IRON ORE CONCENTRATE

The iron ore concentrate in Lebedinsky GOK and the products of its heat treatment were studied as a component that improves the properties of magnesia binder.

It is shown, that the iron ore concentrate, containing significant amounts of magnetite, improves the structure of the magnesium matrix due to the accelerated formation of magnesium oxychloride crystals, which colmate the pores of the material, and thereby increases the physical and mechanical characteristics of the composite material.

The mechanism of modification of magnesia binders with iron ore concentrate is proposed, which consists in the formation of a fine-crystal structure of the material reinforced with elongated crystals of magnesium oxychloride. The components of iron ore concentrate and magnesium binder, having increased sorption properties, significantly accelerate the formation of such a structure.

Keywords: magnesia binders, caustic magnesite, iron ore concentrate, magnetite, hematite, magnesium chloride, water resistance, microstructure, pore colmatation, RFA, DTA, SEM, pH.

REFERENCES

1. Butt U.M., Sychev M.M., Timashev V.V. Chemical technology of binders. M.: Higher school, 1980, 472 p.
2. Shelygin V.V. Magnesia cement. M.: Goschimizdat, 1993, 140 p.
3. Ustinova U.V., Nasonova A.E., Kozlov V.V. Increasing water resistance of magnesia binders. Vestnik MGSU, 2010, no. 4, pp. 123–127.
4. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix. International Journal of Applied and Fundamental Research, 2011, no. 2, p. 42.
5. Matyukhin P.V., Yastrebinskii R.N., Pavlenko V.I., Cherkashina N.I. The high-energy radiation effect on the modified iron-containing composite material. World Applied Sciences Journal, 2013, no. 25, p. 1343.
6. Klimenko V. G., Kashin G. A., Prikaznova T. A. Plaster-based magnetite composite materials in construction. IOP Conf. Series Materials Science and 327 (2018) 032029 doi: 10.1088/1757-899X/327/3/032029.
7. Smirnov B.I, Socolova E.S., Senegalova E.E. Study of chemical interaction of magnesium oxide with solutions of magnesium chloride of different concentrations. Journal of applied chemistry, 1967, no. 3, pp. 505–515.
8. Tretiakova N.S., Kuznetsova T.V. The influence of the concentration of the gate on the properties of composite magnesia binders. Building materials and products: interuniversity collection of scientific papers. Magnitogorsk: MGTU, 2002, pp. 52–54.
9. Machrova E.V., Eschenko L.S., Крупица Н.В. Getting poligidrat of magnesium oxide as fillers for electrorheological suspensions. Proceedings of BSTU, Minsk, 2012, no. 3 (150), pp. 99–103.
10. Zimich V.V., Kramar L.Y., Chernykh T.N., Pudovikov V.N., Perminov A.V. Features of the effect of iron hydroxide Sol additive on the structure and properties of magnesia stone. Vestnik UYSU. Series of Construction and architecture, 2011, vol. 13, no. 35, pp. 25–32.

Information about the author

Vasily G. Klimenko, PhD, Assistant professor.
E-mail: klimenko.vg@bstu.ru, Klimenko3497@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Alexandr Z. Chernyshev, student.
E-mail: rusman1896@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in June 2018

Для цитирования:

Клименко В.Г., Чернышёв А.З. Композиционный материал на основе магнезимального вяжущего и железорудного концентрата // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 85–92. DOI: 10.12737/article_5bab4a1f2e3bd4.05302545

For citation:

Klimenko V.G., Chernyshev A.Z. Composite material based on magnesia binder and iron ore concentrate. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 85–92. DOI: 10.12737/article_5bab4a1f2e3bd4.05302545

¹Кошельник В.М., д-р техн. наук,²Бекназарян Д.В.,¹НТУ «ХПИ», г. Харьков²ГК «Вокэнергомаш», г. Нижний Новгород

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКЕ ВАРОЧНОГО БАССЕЙНА СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

В ваннах пламенных стекловаренных печах одним из основных факторов, который определяет длительность работы агрегата, является срок службы бокового ограждения варочного бассейна. Под воздействием высокотемпературного расплава, а также продуктов сгорания топлива, возникает процесс физико-химической коррозии материалов огнеупорных брусьев кладки бассейна печи. Чем выше уровень температур, тем быстрее происходит процесс разрушения кладки. Наиболее действенным методом снижения скорости данного процесса, является принудительное охлаждение наружной поверхности варочного бассейна в точке раздела трёх фаз, то есть на линии зеркала стекломассы, где соприкасаются все три среды, которые участвуют в процессе варки стекла – твёрдая (огнеупорный брус), жидкая (расплав стекломассы), газообразная (продукты сгорания). На заключительном этапе работы печи, в результате такого охлаждения на внутренней поверхности огнеупорного бруса может образовываться гарниссаж – пристенный слой охлаждённой (относительно общего уровня) стекломассы. Наличие такого слоя резко снижает негативное воздействие расплава на ограждение, что способствует повышению срока службы печи в целом. Приведены результаты решения двумерной задачи нестационарной теплопроводности в ограждении стекловаренной печи при наличии воздушного охлаждения, многослойной изоляции с учётом пристенного охлаждённого слоя стекломассы. Выполнено сравнение полученных расчётных данных с данными экспериментальных исследований.

Ключевые слова: нестационарная теплопроводность, стекловаренная печь, пристенный слой стекломассы.

Постановка задачи. Срок службы топливных стекловаренных печей ванного типа ограничивается, в основном, стойкостью огнеупоров варочного бассейна на уровне зеркала стекломассы и в районе протока. Стойкость огнеупорных материалов обусловлена скоростью их коррозионного износа, величина которого зависит от многих факторов, таких как сорт стекломассы, вид огнеупоров, температурный режим варки стека, зону расположения участка, и т.д. Высокий уровень температур, механическое, физико-химическое взаимодействие, а так же влияние агрессивных соединений и компонентов шихтовых материалов на элементы конструкции бассейна считают определяющими при определении скорости разрушения огнеупорных материалов [1–4]. Основным способом снижения скорости коррозии огнеупоров – снижение температуры огнеупоров, что достигается применением воздушного, водяного или испарительного охлаждения стеновых брусьев [2].

В этой связи актуальной задачей является продление срока службы огнеупоров при сохранении тепловой эффективности стеклоплавильного агрегата. Нами была разработана математическая модель, позволяющая определить распределение огнеупоров в различных зонах стеновых огнеупорных брусьев в двумерной постановке.

В данной работе, основываясь на изложенных в работах [5, 6] предпосылках, математическая модель процесса теплопереноса была уточнена путём учёта влияния слоя охлаждённой стекломассы, который образуется при соприкосновении расплава с внутренней поверхностью охлаждённых огнеупоров ограждения варочного бассейна.

Наличие такого слоя оказывает существенное влияние на формирование температурного поля огнеупора и тепловой изоляции варочного бассейна, что требует более точного учета его влияния на эксплуатационные параметры работы стекловаренной печи. [7–9].

При этом одной из наиболее важных задач, является выбор огнеупорного материала для варочного бассейна печи

Кроме того, существенное влияние на процесс варки стекломассы и длительность работы агрегата в целом, оказывает наличие системы охлаждения стекловаренной печи. В частности, нами учтено влияние принудительного воздушного охлаждения наружной поверхности огнеупорного бруса на линии зеркала стекломассы [10], как наиболее распространённого на производстве.

Нерешённая часть проблемы. В настоящее время отсутствуют многомерные математические модели, позволяющие определить температурное состояние огнеупорной кладки при наличии тепловой изоляции в сочетании с воздушным охлаждением стеновых брусьев варочного бассейна стекловаренных печей.

Цель работы – разработка математической модели с использованием метода конечных элементов для определения двумерного температурного поля в огнеупорных материалах ограждения, которая учитывает влияние охлаждённого пристенного слоя стекломассы и применение тепловой изоляции в сочетании с принудительным воздушным охлаждением.

Изложение основного материала. Математическая постановка задачи связана с решением в общем виде нестационарной двумерной задачи теплопроводности, которая описывается уравнением

$$\partial \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(t) \frac{\partial t}{\partial x} \right] + \partial \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda(t) \frac{\partial t}{\partial y} \right] = c(t) \rho(t) \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где $\lambda(t)$, $c(t)$, $\rho(t)$ – коэффициент теплопроводности, теплоёмкость и плотность материала, зависящие от температуры, соответственно.

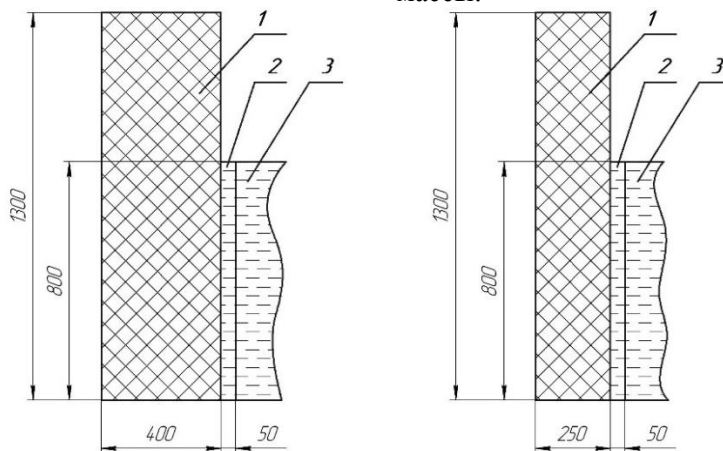


Рис. 1. Геометрические параметры расчётных моделей:
а – шамот, б – бакор 33: 1 – огнеупор; 2 – пристенный слой стекломассы; 3 – расплав стекла

Исходные данные, которые необходимы для решения данной задачи, приведены ниже в таблицах 1-3.

По результатам проведенных расчётов была определена величина удельной плотности теплового потока $q_p = 2960$ Вт/м, через ограждения брусьев бассейна стекловаренной печи при естественном воздушном охлаждении.

По данным экспериментальных измерений температур в бруссе [2], рассчитана величина удельной плотности теплового потока $q_p = 2675$ Вт/м².

На рисунке 1 представлены геометрические параметры модели для реализации предложенной методики [3].

В случае если геометрия, теплофизические характеристики материалов, начальные условия, определяющие температурное поле тела при $\tau = 0$ известны, её необходимо дополнить граничными условиями, которые выделяют конкретную задачу из всего класса задач теплопроводности. Для решения поставленной задачи мы используем граничные условия первого рода:

$$t_i(x, y, \tau) = f(x, y, \tau), \quad (2)$$

и третьего рода

$$\alpha(x, y, \tau, t_i)(t_i - t_o) = \lambda(t) \frac{\partial t}{\partial x}, \quad (3)$$

Нами составлена и реализована программа, с помощью которой осуществляется решение поставленной задачи методом конечных элементов. Тип элементов разбиения исследуемого объекта – равносторонний треугольник с длиной ребра 10 мм. Учёт влияния пристенного слоя стекломассы выполнялся путём деформации температурного поля шамота под воздействием изменяющихся теплофизических свойств стекломассы.

Найденная нами величина погрешности расчётных данных относительно экспериментальных [2] составляет 9,6 % и лежит в допустимом для практического использования интервале.

На основе рассмотренной модели, проведён расчёт температурного поля для плавленого огнеупорного материала бакор 33, получившего широкое применение в строительстве стекловаренных печей. Этот материал имеет более высокую стеклостойкость по сравнению с шамотом, что позволяет уменьшить толщину стенового бруса до 250–300 мм. Кривые распределения тем-

ператур на рисунке 3, соответствуют геометрическим соотношениям, которые представлены ранее на рис. 1.

Установлено, что вследствие уменьшения толщины бруса и учитывая тот факт, что коэффициент теплопроводности бакора значительно выше по сравнению с шамотом (табл. 2), общее термическое сопротивление бруса уменьшается. Это приводит к резкому повышению температуры наружной поверхности стенки с 326 °С до

815 °С. В этом случае очевидной является необходимость снижения тепловых потерь, связанных с увеличением плотности теплового потока, проходящего через боковое ограждение ванны стекловаренной печи путём нанесения тепловой изоляции, которая позволяет уменьшить плотность теплового потока и уровень температур наружной поверхности бруса при использовании воздушного охлаждения.

Таблица 1

Исходные данные для расчёта

Наименование величины	Параметры
Материал кладки	шамот; бакор 33
Толщина, мм	400; 250
Температура воздуха, °С	30
Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки к воздуху, Вт/(м²К)	10
Температура на внутренней поверхности стенки, °С	1300
Средняя температура стеновых брусев в начальный момент времени, °С	750

Таблица 2

Теплофизические свойства огнеупорных материалов боковых стен и теплоизоляции

Материал	Плотность, кг/м³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
Бакор 33	3500	$4,07 + 0,2686 \cdot 10^{-3} \cdot t$
Шамот	1860	$0,7 + 0,64 \cdot 10^{-3} \cdot t$
Ячеистый фосфатный бетон	950	$0,348 + 10^{-4} t$
Шамотоволоконная плита		
ШВП-1150	375	$0,130 + 10^{-4} t$
ШВП-1350	500	$0,07 + 0,30 \cdot 10^{-3} t$
Перлиталь	225	$0,068 + 0,9 \cdot 10^{-4}$
Керамовермикулитовые плиты	350	$0,085 + 0,21 \cdot 10^{-3} t$

Таблица 3

Зависимость коэффициента теплопроводности PbO-содержащих стёкол от температуры [5]

Марка стекла	Температура, °С								
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
ЛФ-5	5,0	7,5	18,33	35	63,4	115	148,3	126,7	116,7
Ф-8	3,4	8	13,2	20	34	47,8	39,2	42,8	46,6
ТФ-1	3,4	8,2	13	20,4	34	44	39	27,3	15,5

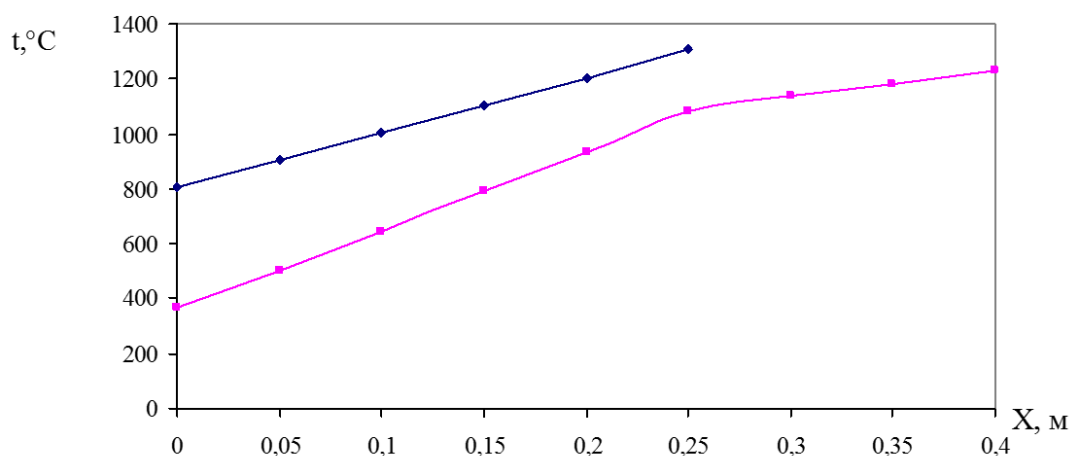


Рис. 3. Расчётное распределение температуры в стеновом бруске выполненном из шамота (—◆—) и бакора 33(—▲—)

Выводы. Разработана методика расчёта температурного состояния ограждения варочного бассейна стекловаренной печи с учетом наличия тепловой изоляции в сочетании с воздушным охлаждением наружной поверхности огнеупорной кладки.

Проведён сравнительный анализ величин удельных тепловых потоков полученных на основе расчётов по предложенной методике [3] и измеренных опытным путём. Величина рассчитанной погрешности составила 9,6 %, что позволяет сделать вывод о возможности использования данной модели для расчётов более сложных конфигураций боковых ограждений. Предложенная уточнённая модель, учитывающая характерные особенности работы огнеупорной кладки варочного бассейна стекловаренной печи может быть использована для решения задач выбора оптимального варианта многослойной тепловой изоляции в сочетании с принудительным воздушным охлаждением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козлов А.С. Теплотехника регенеративных стекловаренных печей. М.: Легпромбытиздат, 1990. 143 с.
2. Захариков Н.А. Теплообменные процессы в стекловаренных печах. Киев: Гостехиздат, 1962. 245 с.
3. Павловский В.К., Соболев Ю.С. Влияние состава силикатных стекол на стеклоустойчивость огнеупорных материалов. Исследования в области огнеупоров для стекловаренных печей: Сб. науч. тр. М.: ГИС. 1984. С. 82–86.
4. Павловский В.К., Петров В.К. Взаимодействие огнеупоров с расплавом боросиликатного стекла Стекло и керамика. 1990. № 10. С. 17–19.
5. Племянников М.М., Крупа О.А. Хімія та теплофізика скла: Навчальний посібник. К.: НТУУ „КПІ”, 2000. 560 с.
6. Попов О.Н. О кинетике взаимодействия плавнелитых огнеупоров с расплавами промышленных стекол // Исследования в области огнеупоров для стекловаренных печей: Сб. науч. тр. М.: ГИС, 1984. С. 8–17.
7. Фервонер О., Берндт К. Огнеупорные материалы для стекловаренных печей.; Пер. с нем. О.Н. Попова; Под ред. А.С. Власова. М.: Стройиздат, 1984. 261 с.
8. Галдина Н.М., Чернина Л.Л. Электроплавленные огнеупоры для стекловаренных печей. М.: Стройиздат, 1975. 182 с.
9. Бадан Г.О. О повышении срока службы стекловаренных печей // Стекло мира. 2002. № 4. С. 73 – 77.
10. Кошельник В.М., Хавин Е.В. Выбор рациональных конструкционных параметров соплового аппарата систем струйно–воздушного охлаждения бассейнов стекловаренных печей // Восточноевропейский журнал передовых технологий. 2006. № 2/2 (20). С. 94–97.

Информация об авторах

Кошельник Вадим Михайлович, доктор технических наук, профессор.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».
Украина, 61002, Харьков, ул. Кирпичёва, д. 2.

Бекназарян Давид Владимирович, начальник бюро теплотехнических и прочностных расчётов.
E-mail: david_beck@mail.ru; beknazaryan@vokem.ru
Группа компаний «Вокэнергомаш».
Россия, 603029, Нижний Новгород, ул. Памирская, д. 11 Ф.

Поступила в июне 2018 г.

© Кошельник В.М., Бекназарян Д.В., 2018

Koshelnik V.M., Beknazaryan D.V.

TO THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE REFRACTORY MASONRY OF THE MELTING TANK OF THE GLASS FURNACE

In the bath type flame glass melting furnaces, one of the main factor that determines the duration of the unit operation is the service life of the side enclosure of the melting tank. Under the influence of high-temperature melt, as well as combustion products of fuel, a process of physicochemical corrosion of refractory bar material occurs in furnace bath. The higher the temperature level, the faster the masonry destruction process takes place. The most effective method of reducing the speed of this process is forced cooling of the outer surface of the melting tank at the point of separation of the three phases, that is on the line of the glass mirror, where all three media that participate in the glass melting process are solid (refractory bar), liquid (melt), gaseous (combustion products). At the final stage of the furnace operation as a result of such cooling, a garnet-

wall layer of the cooled glass mass (relative to the general level) may form on the inner surface of the refractory bar. The presence of such a layer sharply reduces the negative impact of the melt on the enclosure, which contributes to an increase in the life of the furnace as a whole. The results of solving the two-dimensional problem of non-stationary thermal conductivity in the enclosure of the glass furnace are presented in the presence of air cooling, multilayer insulation, taking into account the cooled wall layer of glass mass. A comparison of the calculated data with the data of experimental studies is made.

Keywords: non-stationary thermal conductivity, glass furnace, wall-near layer of cooled glass.

REFERENCES

1. Kozlov A.S. Heat engineering of regenerative glass furnaces. Moscow: Legprombytizdat, 1990, 143 p.
2. Zaharikov N.A. Heat exchange processes in glass furnaces. Kiev: Gostekhnizdat, 1962, 245 p.
3. Pavlovskiy V.K., Sobolev Y.S. Influence of temperature on refractories corrosion in glass melts. Glass and ceramics. 1991. № 12. pp. 12–14.
4. Pavlovskiy V.K., Petrov V.K., Interaction of refractories with borosilicate glass melt. Glass and ceramics, 1990, no. 10, pp. 17–19.
5. Pleminnikov M.M., Krupa O.A. Chemistry and thermophysics of glass: Tutorial. Kiev: NTUU "KPI", 2000, 560 p.
6. Popov O.N. About kinetics of interaction of melt-molded refractories with industrial glass melts. Research in the field of refractories for glass furnaces. Moscow: 1984, pp. 8–17.
7. Fevoner O., Berndt K., Refractories for glass furnaces. Translation from German Popov O.N. edited by Vlasov A.S. Moscow. Stroyizdat. 1984, 261 p.
8. Galdina N.M., Chernina L.L. Electrofused refractories for glass furnaces. Moscow. Stroyizdat, 1975, 182 p.
9. Badan G.O. About increasing the service life of glass melting furnaces. Glass of the world, 2002, no. 4, pp. 73–77.
10. Koshelnik V.M., Havin E.V. Choice of rational design parameters of nozzle apparatus of jet-air cooling for melt tank. Eastern-European journal of advanced technologies, 2006, no. 2/2 (20), pp. 94–97.

Information about the author

Vadim M. Koshelnik, PhD, professor.

National Technical University "Kharkov Politechnic Institute".
Ukraine, 603029, Kharkov, st. Kirpichova, 2.

David V. Beknazaryan, head of the bureau of heat engineering and strength calculations.

E-mail: david_beck@mail.ru; beknazaryan@vokem.ru

Group of companies "Vokenergomash"

Russia, 603029, Nizhny Novgorod, st. Pamirskaya, 11 F.

Received in June 2018

Для цитирования:

Кошельник В.М., Бекназарян Д.В. К определению температурного поля в огнеупорной кладке варочного бассейна стекловаренной печи // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 93–97. DOI: 10.12737/article_5bab4a1faf4647.89808411

For citation:

Koshelnik V.M., Beknazaryan D.V. To the determination of the temperature field in the refractory masonry of the melting tank of the glass furnace. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 93–97. DOI: 10.12737/article_5bab4a1faf4647.89808411

¹Бондаренко Д.О., аспирант,²Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,¹Бондаренко Н.И., канд. техн. наук, доц.,¹Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.,³Брагина Л.Л., д-р техн. наук, проф.,¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,²Белгородский университет кооперации экономики и права,³Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКОГО СТЕКЛА НА КИНЕТИКУ ДЕГИДРАТАЦИИ ГИДРАТИРОВАННОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены особенности дегидратации различных гидратных фаз гидратированного портландцемента с участием жидкого стекла. Установлено, что в условиях неизомермического нагрева наблюдается три эндоэффекта, связанные с дегидратацией этtringита в интервале температур 98,7–110,0 °С, разложением гидроксида кальция в интервале температур 439,4–450,7 °С и разложением вторичного кальцита в интервале температур 657,4–669,3 °С. Исследовано влияние жидкого стекла в составе портландцемента на эндоэффекты дегидратации этtringита, гидроксида кальция и вторичного кальцита. Установлено, что с увеличением скорости нагрева с 5 до 10 °С/мин эндоэффекты смещаются в область высоких температур. Исследована кинетика дегидратации этtringита, гидроксида кальция и вторичного кальцита в неизомермических условиях. Экспериментально подтверждено, что на скорость дегидратации гидратированного портландцемента существенное влияние оказывает концентрация жидкого стекла в цементе. Обосновано оптимальное содержание жидкого стекла в гидратированном портландцементе.

При содержании жидкого стекла в составе гидратированного портландцемента в количестве 5 и 10 % установлена закономерность снижения скорости дегидратации этtringита и гидроксида кальция. В высокотемпературной области скорость дегидратации гидратированного портландцемента с содержанием 5 % жидкого стекла возрастает по сравнению дегидратацией гидратированного цемента без жидкого стекла. Скорость дегидратации гидратированного портландцемента с содержанием 10 % жидкого стекла возрастает более значительно, что может оказать отрицательное воздействие на прочность композиционных материалов на основе портландцемента при плазмохимическом модифицировании.

На основе экспериментальных данных получены уравнения, связывающие температуру эффекта со скоростью нагрева. Определены температуры эндоэффектов при плазменной обработке композиций на основе портландцемента при скорости нагрева 3000 °С/мин.

Ключевые слова: жидкое стекло, портландцемент, кинетика дегидратации, неизомермические условия, этtringит, скорость нагрева, эндоэффекты.

Введение. Современные технологии получения защитно-декоративных покрытий на бетоне и других композиционных материалах с использованием плазменного нагрева предусматривают кратковременный разогрев лицевой поверхности до 2000 °С [1–5]. В результате высокотемпературного воздействия в поверхностных слоях изделия протекает дегидратация гидросиликатов. Это приводит к образованию микротрещин и разупрочнению защитно-декоративного покрытия [6–8], и как следствие снижению прочности сцепления покрытия с основой и морозостойкости [9–13].

В работе [14] исследована кинетика дегидратации гидросиликатов в силикатном кирпиче при его плазменной обработке, как тоберморит состава $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, афвиллит и кальцит

CaCO_3 . Кинетика двухступенчатого процесса дегидратации $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в глинозёмистом цементе была изучена в работе [15] при скоростях нагрева 5 и 10 °С/мин.

Кинетика дегидратации гидросиликатов гидратированного портландцемента в неизомермических условиях исследована в недостаточном объеме и требует своего решения.

Методология. В качестве объекта исследования был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 10178–85 и жидкое натриевое стекло по ГОСТ 13078–81. Портландцемент затворяли водой (В/Ц = 0,5) и после твердения в течение 28 суток подвергали исследованию. Готовили три партии: чистый цемент, портландцемент с добавлением 5 % жидкого стекла и портландцемент с добавлением 10 % жидкого стекла.

Кинетику дегидратации гидросиликатов при скорости нагрева 5 и 10 °С/мин исследовали на приборе синхронного термического анализа NETZSCH STA 449 F3 Jupiter. Фазовый состав определяли с использованием дифрактометра ARL X'TRA.

Основная часть. На дериватограмме чистого гидратированного портландцемента имеется три эндоэффекта (рис. 1). Первый эндоэффект, протекающий в интервале температур 98,7–110,0 °С в низкотемпературной области, связан с дегидратацией этtringита

($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$) и удалением физической воды. Эндоэффекты данных двух процессов накладываются друг на друга. Второй связан с дегидратацией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и протекает в районе температур 439,4–450,7 °С. Третий эндоэффект (657,4–669,3 °С) связан в основном с дегидратацией вторичного карбоната. Полная потеря воды наблюдается при 900 °С.

Аналогичные результаты исследований были получены с гидратированным портландцементом при добавлении 5 и 10 % жидкого стекла (рис. 2).

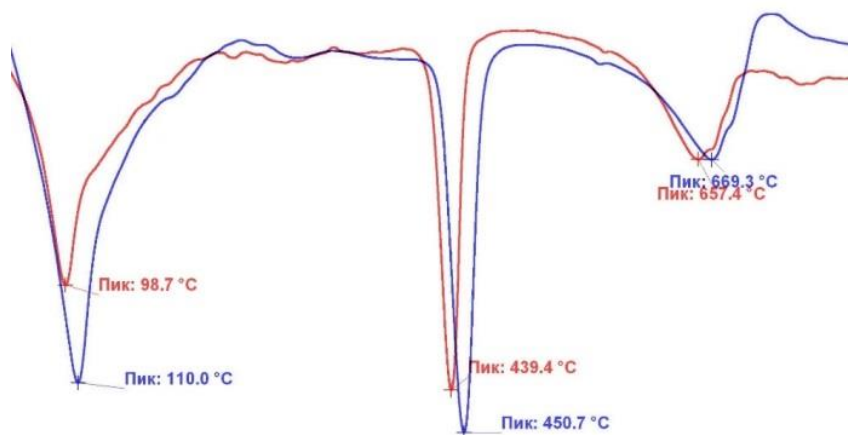


Рис. 1. Дериватограмма гидратированного портландцемента:

— скорость нагрева 5 °С/мин; — скорость нагрева 10 °С/мин

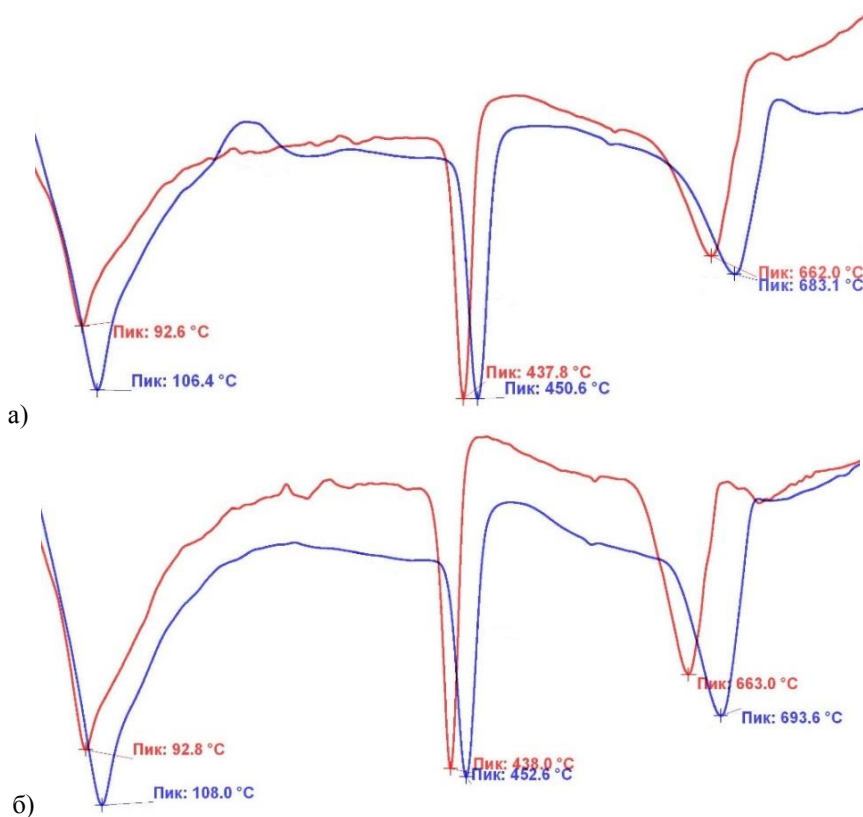


Рис. 2. Дериватограммы гидратированного портландцемента с содержанием:

а – 5 % жидкого стекла; б – 10 % жидкого стекла;

— скорость нагрева 5 °С/мин; — скорость нагрева 10 °С/мин

Анализ кривых ДТА показал, что добавка жидкого стекла, как и скорость нагрева, смещает

все эндоэффекты в область высоких температур (табл. 1).

Таблица 1

Эндоэффекты при нагреве со скоростями 5 и 10 °С/мин

Наименование минералов	Чистый гидратированный портландцемент		Портландцемент + 5 % жидкого стекла		Портландцемент + 10 % жидкого стекла	
	Скорость нагрева, °C/мин					
	5	10	5	10	5	10
Этtringит $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ и физическая вода	98,7	110,0	92,6	106,4	92,8	108,0
Гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$	439,4	450,7	437,8	450,6	438,0	452,6
Вторичный кальцит CaCO_3	657,4	669,3	662,0	683,1	663,0	693,6

Следует отметить положительное влияние добавки жидкого стекла на эндоэффекты вторичного кальцита и гидросиликатов. При добавлении в портландцемент 5 % жидкого стекла при скорости нагрева 5 °С/мин температура эндоэффекта повышается с 657,4 до 662,0 °С. С увеличением количества жидкого стекла до 10 % температура эндоэффекта возрастает с 662,0 до 663,0 °С.

При скорости нагрева 10 °С/мин разница температур эндоэффектов дегидратации гидросиликатов ещё более возрастает. При добавлении 5 % жидкого стекла температура эндоэффекта дегидратации гидросиликатов по сравнению с чистым гидратированным цементом возрастает с 669,3 до 683,1 °С, а при 10 % жидкого стекла – с 669,3 до 693,6 °С.

Таким образом, доказано положительное влияние жидкого стекла на смещение эндоэффектов дегидратации гидросиликатов, отвечающих за разупрочнение гидратированного портландцемента и образование микротрещин в более высокую температурную область.

Анализ результатов исследований потери массы чистого гидратированного портландцемента при скорости нагрева 10 °С/мин, а также портландцемента с добавками жидкого стекла позволил выявить следующие зависимости. Добавление в портландцемент натриевого жидкого стекла в количестве 5 и 10 % заметно снижает интенсивность потери массы (ТГ) в области дегидратации этtringита (рис. 3, табл. 2–4). Однако в высокотемпературной области интенсивность дегидратации портландцемента возрастает до 2–3 %. Особенно это заметно с 10 % жидкого стекла.

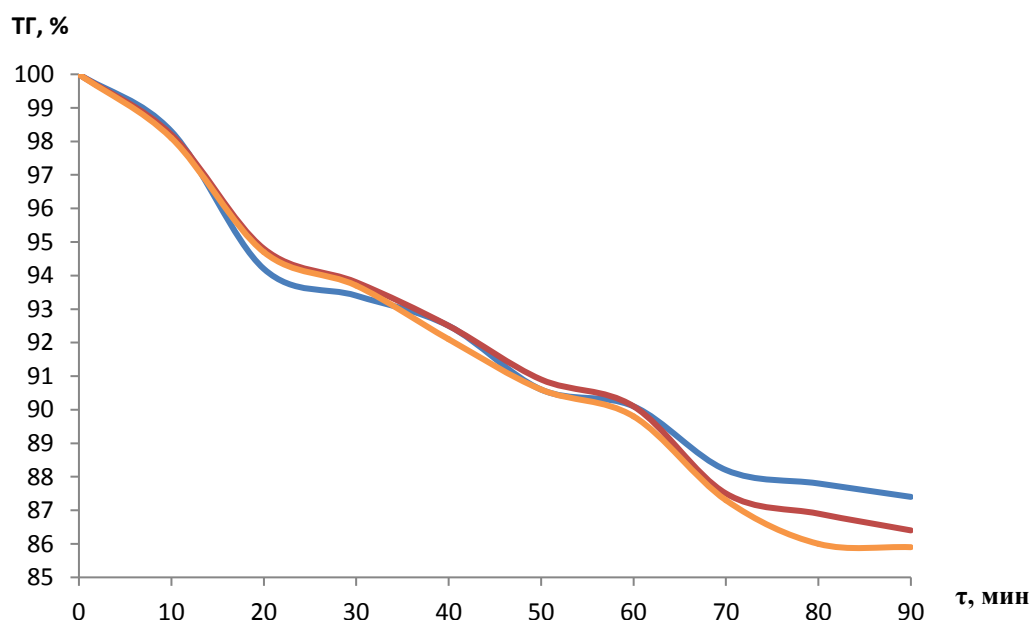


Рис. 3. Зависимость потери воды от времени при скорости нагрева 10 °С/мин:

— портландцемента; — портландцемента с 5 % жидкого стекла;
— портландцемента с 10 % жидкого стекла

Таблица 2

**Влияние скорости нагрева цементного камня
на температуру эндоэффектов и скорость потери воды**

Скорость нагрева					
5 °C/мин			10 °C/мин		
ТГ, %	H ₂ O, %	T _{эффекта} , °C	ТГ, %	H ₂ O, %	T _{эффекта} , °C
2,4	19,1	98,7	2,2	17,5	110,0
8,5	67,7	439,4	8,3	66,2	450,7
11,5	91,6	657,4	11,2	89,4	669,3
12,55	100	999,6	12,52	100	999,6

Таблица 3

**Влияние скорости нагрева цементного камня с 5 % жидкого стекла
на температуру эндоэффектов и скорость потери воды**

Скорость нагрева					
5 °C/мин			10 °C/мин		
ТГ, %	H ₂ O, %	T _{эффекта} , °C	ТГ, %	H ₂ O, %	T _{эффекта} , °C
1,8	13,5	92,6	2,0	15,0	106,4
8,2	61,3	437,8	8,5	63,7	450,6
11,9	89,0	662,0	12,1	90,7	683,1
13,37	100	999,8	13,33	100	999,7

Таблица 4

**Влияние скорости нагрева цементного камня с 10 % жидкого стекла
на температуру эндоэффектов и скорость потери воды**

Скорость нагрева					
5 °C/мин			10 °C/мин		
ТГ, %	H ₂ O, %	T _{эффекта} , °C	ТГ, %	H ₂ O, %	T _{эффекта} , °C
2,0	6,46	92,8	2,2	7,62	108,0
9,0	39,98	438,0	9,2	41,01	452,6
12,9	87,01	663,0	12,4	89,05	693,6
14,07	100	999,9	14,04	100	999,7

Наиболее высокая скорость дегидратации наблюдается в низкотемпературной области (рисунок 4, таблицы 2–4), что связано с дегидратацией этрингита (первый пик). Второй и третий

пики, связанные с дегидратацией Ca(OH)₂, вторичного кальцита и различных гидросиликатов, по интенсивности существенно уступают первому пику.

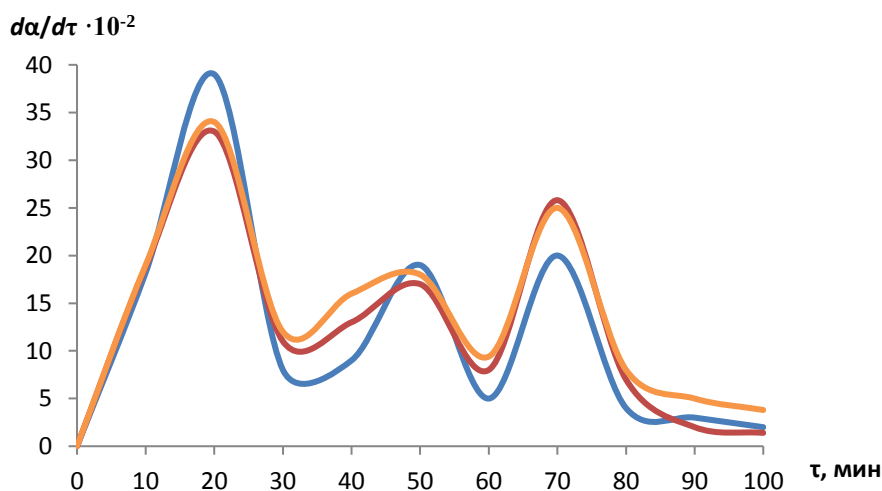


Рис. 4. Зависимость скорости дегидратации от времени при скорости нагрева 10 °C/мин:

— портландцемента; — портландцемента с 5 % жидкого стекла;
— портландцемента с 10 % жидкого стекла

Снижение скорости дегидратации первого и второго пиков для гидратированного портландцемента с содержанием 5 и 10 % натриевого жидкого стекла оказывает положительное влияние на минимизацию образования микротрещин в композите.

Скорость дегидратации в высокотемпературной области портландцемента с 5 % жидкого стекла выше, чем чистого портландцемента (третий пик). При увеличении в портландцементе натриевого жидкого стекла до 10 % скорость дегидратации возрастает, что может оказать отрицательное воздействие на прочностные характеристики композитов на основе портландцемента.

Из ранее опубликованных работ известно, что с увеличением скорости нагрева эндо- и экзоэффекты смещаются в область высоких температур [15]. В.С. Рамачандраном доказано, что с увеличением скорости нагрева с 10 до 50 °С/мин эндоэффекты дегидратации каолинита смещаются в область высоких температур с 535 до 583 °С. Зависимость, связывающая температуру (Т) эндоэффектов со скоростью нагрева (β), описывалась выражением [16]:

$$T = 480 + 73 \cdot \lg \beta.$$

Полученные уравнения, связывающие температуру эффектов от скорости нагрева β, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Уравнения, связывающие температуру эффектов от скорости нагрева

Наименование минералов	Чистый гидратированный портландцемент	Портландцемент + 5 % жидкого стекла	Портландцемент + 10 % жидкого стекла
Гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$	$T = 414,91 + 35,9 \cdot \lg \beta$	$T = 408,22 + 42,38 \cdot \lg \beta$	$T = 404,26 + 48,34 \cdot \lg \beta$
Вторичный карбонат кальция CaCO_3	$T = 629,9 + 39,4 \cdot \lg \beta$	$T = 613,23 + 69,87 \cdot \lg \beta$	$T = 592,3 + 101,3 \cdot \lg \beta$

В реальных условиях плазмохимического модифицирования композиционного облицовочного материала эндоэффекты смещаются в область высоких температур значительно выше, чем при скоростях нагрева 5 и 10 °С/мин. Как показали исследования, оптимальным является содержание в портландцементе 5 % жидкого стекла.

Рассчитаем температуру второго эндотермического эффекта при скорости нагрева 3000 °С/мин.

$$T = 408,22 + 42,38 \cdot \lg 3000,$$

$$T = 408,22 + 42,38 \cdot 3,48 = 555,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Рассчитаем температуру третьего эндотермического эффекта при скорости нагрева 3000 °С/мин.

$$T = 613,23 + 69,87 \cdot \lg 3000,$$

$$T = 613,23 + 69,87 \cdot 3,48 = 856,37 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Таким образом, результаты исследований позволили установить зависимости эндотермических эффектов дегидратации как при скоростях нагрева 5 и 10 °С/мин, так и в реальных условиях плазмохимического модифицирования.

Выводы. Установлены закономерности влияния жидкого стекла на процессы дегидратации гидратированного портландцемента. Показано, что в неизотермических условиях жидкое стекло

влияет на скорость дегидратации. На основе экспериментальных исследований получены уравнения, связывающие температуру эффектов от скорости нагрева.

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2724.2018.8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скрипникова Н.К., Волокитин Г.Г., Волокитин О.Г. Плазмохимические процессы в силикатных материалах. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. 250 с.
2. Volokitin O., Volokitin G., Skripnikova N., Shekhovtsov V. Plasma technology for creation of protective and decorative coatings for building materials // AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1698. Article number 070022.
3. Волокитин О.Г. Исследование физических характеристик струи силикатного расплава в условиях дополнительного подогрева // Вестник ТГАСУ. 2010. № 4. С. 117–120.
4. Volokitin O.G., Shekhovtsov V.V. Prospects of application of low-temperature plasma in construction and architecture // Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44. Issue 3. P. 251–253.
5. Казьмина О.В., Верещагин В.И. Методологические принципы синтеза пеностеклокри-

сталлических материалов по низкотемпературной технологии // Строительные материалы. 2014. № 8. С. 41–45.

6. Баженов Ю.М., Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Акулова М.В. Высокотемпературная отделка бетона стекловидными покрытиями. М.: Изд-во АСВ, 2005. 128 с.

7. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А., Подлозный Э.Д., Наumenко Н.Н. Плазменное оплавление строительных композитов. М.: Изд-во АСВ; Иваново: Изд-во ИГАСУ, 2009. 228 с.

8. Bondarenko D.O., Bessmertnyi V.S., Bondarenko N.I., Burlakov N.M. Plasma-chemical modification of concrete processed by colorific metal salts // Advances in Engineering Research. 2017. Vol. 133. P. 130–134.

9. Ковальченко Н.А., Здоренко Н.М., Бурлаков Н.М., Карайченцев Р.С. Плазменное напыление цветных металлов на изделиях стеновой керамики // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 11–1. С. 81.

10. Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Волокитин О.Г. Разработка плазменных технологий для стройиндустрии // Актуальные проблемы современности. 2017. № 1 (15). С. 150–154.

11. Аньшаков А.С., Волокитин Г.Г., Волокитин О.Г., Скрипникова Н.К. Электротехнологические установки для плазменно-термической обработки материалов. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. 126 с.

12. Федосов С.В., Акулова М.В., Кошелев Е.В. Закрепление плазмооплавленного стекловидного декоративного слоя на бетоне с помощью пропиток // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 3. С. 44–49.

13. Скрипникова Н.К., Петраченко В.В., Жаров И.К. Взаимодействие плазменных потоков с поверхностью строительных материалов // Нетрадиционные технологии в строительстве: тез. докл. Томск, 1999. С. 88–90.

14. Ильина И.А. Плазмохимическая модификация силикатных строительных материалов автоклавного твердения: дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2015. 190 с.

15. Бондаренко Н.И. Плазмохимическое модифицирование бетона с защитно-декоративными покрытиями на основе глинозёмистого цемента: дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2017. 162 с.

16. Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. М.: Стройиздат, 1977. 408 с.

Информация об авторах

Бондаренко Диана Олеговна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бессмертный Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы.

E-mail: E-mail: bessmertnyy.vs@bstu.ru, vbessmertnyi@mail.ru

Белгородский университет кооперации, экономики и права.

Адрес: Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

Бондаренко Надежда Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики.

E-mail: bondarenko.ni@bstu.ru; bondarenko-71@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Борисов Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов.

E-mail: xtsm@intbel.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

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».

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Кирпичева, д. 2.

Поступила в июне 2018 г.

© Бондаренко Д.О., Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Борисов И.Н., Брагина Л.Л., 2018

Bondarenko D.O., Bessmertnyi V.S., Bondarenko N.I., Borisov I.N., Bragina L.L.
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF LIQUID GLASS ON KINETICS OF DEHYDRATION
OF HYDRATED PORTLANDCEMENT IN NON-ISOTHERMAL CONDITIONS

Features of dehydration of various hydrated phases of hydrated Portland cement with the participation of liquid glass are considered. It was found that under conditions of nonisothermal heating, three endoeffects are observed. They are associated with dehydration of ettringite in the temperature range 98.7–110.0 °C, decomposition of calcium hydroxide in the temperature range 439.4–450.7 °C, and decomposition of secondary calcite in the temperature range 657.4–669.3 °C. The effect of liquid glass in Portland cement on the endoeffects of dehydration of ettringite, calcium hydroxide and secondary calcite was studied. It was found that with an increase in the heating rate from 5 to 10 °C / min, the endoeffects are shifted to high temperatures. The kinetics of the dehydration of ettringite, calcium hydroxide and secondary calcite under non-isothermal conditions was studied. It has been experimentally confirmed that the rate of dehydration of hydrated Portland cement is significantly affected by the concentration of liquid glass in the cement. The optimum content of liquid glass in hydrated Portland cement is substantiated.

With the content of liquid glass in the hydrated Portland cement in the amount of 5 and 10 %, the regularity of the decrease in the rate of dehydration of ettringite and calcium hydroxide was established. In the high-temperature region, the rate of dehydration of hydrated Portland cement with a 5 % content of liquid glass increases compared to the dehydration of hydrated cement without liquid glass. The rate of dehydration of hydrated Portland cement with a content of 10 % liquid glass increases more significantly, which may have a negative effect on the strength of Portland cement-based composite materials during plasma-chemical modification.

On the basis of experimental data, equations are obtained which relate the temperature of the effect to the rate of heating. The temperatures of endoeffects at plasma treatment of Portland cement composites at a heating rate of 3000 °C/min are determined.

Keywords: liquid glass, portland cement, kinetics of dehydration, non-isothermal conditions, ettringite, heating rate, endoeffects.

REFERENCES

1. Skripnikova N.K., Volokitin G.G., Volokitin O.G. Plasma-chemical processes in silicate materials. Tomsk: TGASU, 2014, 250 p.
2. Volokitin O., Volokitin G., Skripnikova N., Shekhovtsov V. Plasma technology for creation of protective and decorative coatings for building materials. AIP Conference Proceedings, 2016, vol. 1698, article number 070022.
3. Volokitin O.G. Research of physical characteristics of silicate melt stream at additional heating. Vestnik of TSUAB, 2010, no. 4, pp. 117–120.
4. Volokitin O.G., Shekhovtsov V.V. Prospects of application of low-temperature plasma in construction and architecture. Glass Physics and Chemistry, 2018, vol. 44, no. 3, pp. 251–253.
5. Kaz'mina O.V., Vereshchagin V.I. Methodological Principles of Synthesis of Foam-Glass-Crystal Materials According to Low-Temperature Technology. Stroitel'nyye materialy, 2014, no. 8, pp. 41–45.
6. Bazhenov Yu.M., Fedosov S.V., Shchepochkova Yu.A., Akulova M.V. High-temperature finishing of concrete with vitreous coatings. Moscow: ASV, 2005, 128 p.
7. Fedosov S.V., Akulova M.V., Shchepochkina Yu.A., Podlozny E.D., Naumenko N.N. Plasma fusion of building composites. Moscow: ASV; Ivanovo: IGASU, 2009, 228 p.
8. Bondarenko D.O., Bessmertnyi V.S., Bondarenko N.I., Burlakov N.M. Plasma-chemical modification of concrete processed by colorific metal salts. Advances in Engineering Research, 2017, vol. 133, pp. 130–134.
9. Kovalchenko N.A., Zdorenko N.M., Burlakov N.M., Karaychentsev R.S. Plasma sputtering of non-ferrous metals on wall ceramics. International journal of experimental education, 2016, no. 11–1, pp. 81.
10. Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Volokitin O.G. Development of plasma technologies for the construction industry. Actual problems of the present, 2017, no. 1 (15), pp. 150–154.
11. Anshakov A.S., Volokitin G.G., Volokitin O.G., Skripnikova N.K. Electrotechnological installations for plasma-thermal processing of materials. Tomsk: TGASU, 2014, 126 p.
12. Fedosov S.V., Akulova M.V., Koshelev E.V. Fixation of a plasma-melted glassy decorative layer on concrete with the help of impregnations. Nauchnyy Scientific Herald of Voronezh State Architectural and Construction University, 2008, no. 3, pp. 44–49.
13. Skripnikova N.K., Petrachenko V.V., Zharov I.K. Interaction of plasma flows with the surface of building materials. Non-traditional technologies in construction: thesis of reports. Tomsk, 1999, pp. 88–90.

14. Il'ina I.A. Plasma-chemical modification of silicate building materials of autoclave hardening. dis. ... cand. tech. sciences. Belgorod, 2015, 190 p.

15. Bondarenko N.I. Plasmochemical modification of concrete with protective-decorative coatings

based on alumina cement. dis. ... cand. tech. sciences. Belgorod, 2017, 162 p.

16. Ramachandran V.S. Application of differential thermal analysis in the chemistry of cements. M.: Stroyizdat, 1977, 408 p.

Information about the author

Diana O. Bondarenko, Research assistant.

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Vasiliy S. Bessmertnyi, DSc, Professor.

E-mail: bessmertnyy.vs@bstu.ru, vbessmertnyi@mail.ru

Belgorod University of Cooperation, Economics & Law.

Russia, 308023, Belgorod, st. Sadovaya, 116a.

Nadezda I. Bondarenko, PhD, Assistant professor.

E-mail: bondarenko.ni@bstu.ru; bondarenko-71@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ivan N. Borisov, DSc, Professor.

E-mail: xtsm@intbel.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Liudmyla L. Bragina, DSc, Professor.

E-mail: bragina_l@ukr.net

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute".

Ukraine, 61002, Kharkov, st. Kirpicheva, 2.

Received in June 2018

Для цитирования:

Бондаренко Д.О., Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Борисов И.Н., Брагина Л.Л. Исследование влияния жидкого стекла на кинетику дегидратации гидратированного портландцемента в неизотермических условиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 98–105. DOI: 10.12737/article_5bab4a20598ad9.13288459

For citation:

Bondarenko D.O., Bessmertnyi V.S., Bondarenko N.I., Borisov I.N., Bragina L.L. Investigation of the influence of liquid glass on kinetics of dehydration of hydrated portlandcement in non-isothermical conditions. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 98–105. DOI: 10.12737/article_5bab4a20598ad9.13288459

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5bab4a2147fc30.43957017

¹Вирабян Л.Г., аспирант,²Халапян С.Ю., канд. техн. наук, доц.,¹Кузьмина В.С., инженер¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

филиал Национального исследовательского технологического института «МИСиС»

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА ПЛАНАРНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО РОБОТА

В статье представлен кинематический анализ движения планарного параллельного робота с помощью приложения SolidWorks Motion на основании построенной 3D модели. В ходе анализа учитывались такие элементы исследования движения как ограничения движения, свойства материала, масса, скорости и контакты компонентов. Приведены результаты моделирования движения робота. В процессе моделирования реальные движения звеньев механизма заменялись сопряжениями приложения SolidWorks Motion. В результате анализа определены максимальные перемещения звеньев, а также установлена адекватность разработанных подвижных частей и отсутствие конфликтующих связей. Получены траектории движения выходных звеньев модулей роботизированного комплекса. Проведенный анализ позволяет сделать выводы о корректности траекторий перемещения модулей для выполнения операций обработки изделий различной сложности. Рассмотрена оптимизация траектории позиционирования с использованием метрики Чебышева, позволяющая минимизировать длительность позиционирования. Рассмотрен алгоритм построения гиперповерхности ограничения, который обеспечивает необходимую для безопасного позиционирования удаленность траектории движения от границ рабочей области. Представлены результаты математического моделирования.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, механизм относительного манипулирования, SolidWorks Motion, кинематический анализ, траектория.

Введение. При создании новых типов высокопроизводительного инновационного оборудования для различных применений (механической обработки, резки, сварки, сборки, окраски) возникают проблемы разработки новых схемно-технических решений их компоновок, обеспечивающих сложные виды движений выходного звена в пространстве и высокую точность позиционирования. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование механизмов параллельной структуры [1–4].

Классические механизмы параллельной структуры с 6 степенями свободы (например, гексапод) весьма сложны в управлении. Однако существует возможность упростить задачу управления, построив механизм с 6 степенями свободы в виде соединения двух механизмов параллельной структуры с 3 степенями свободы каждый [5].

В настоящее время механизмы параллельной структуры [16] находят всё более широкое применение в промышленности. В сравнении с более распространенными последовательными

аналогами параллельные роботы обладают существенным превосходством по точности позиционирования, мощности и допустимой нагрузке [6–8].

Одной из важнейших подзадач построения параллельных механизмов является определение их конструктивных характеристик (размеров неподвижного основания, подвижной платформы, диапазонов длин или углов поворота приводных звеньев) в соответствии с необходимыми размерами рабочего пространства, т.е. диапазоном изменений выходных координат.

Решение этой подзадачи рассмотрено в настоящей работе на примере планарного 3-RPR механизма с тремя степенями свободы (перемещение вдоль осей x и y и поворот вокруг оси z). Механизм состоит из трех кинематических цепей, содержащих одну приводную поступательную и две пассивных вращательных кинематических пары.

Плоский механизм параллельной структуры представленный на рис.1 имеет одну вращательную кинематическую пару, сопряженную с основанием, одну вращательную кинематическую

пару, сопряженную с выходной платформой, и одну промежуточную вращательную кинематическую пару. Модуль имеет перемещения вдоль

горизонтальных осей x и y , а также вращение вокруг вертикальной оси z .

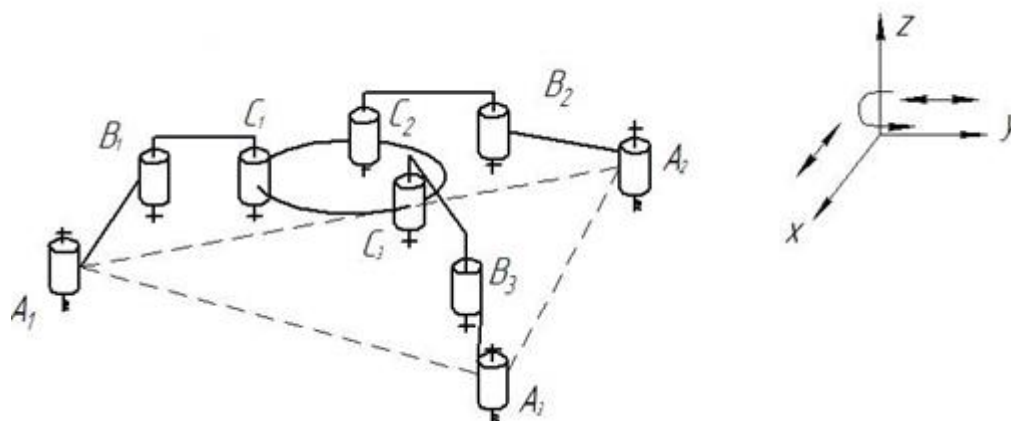


Рис. 1. Кинематическая схема роботизированного комплекса

На основе кинематической схемы для дальнейшей проработки и анализа была построена электронная модель роботизированного комплекса, для этого использована CAD система SolidWorks, позволяющая за короткие сроки получить точный электронный макет изделия и подготовить его для дальнейших исследований в математических пакетах или кинематическом анализе. Используя CAD систему Solidworks удалось построить все узлы и механизмы комплекса и проверить их на наличие ошибок и пересечений.

На рис. 2 представлена 3D модель робота. Модель представлена без крепежных изделий, это сделано для упрощения сборки и дальнейшего проведения кинематического анализа. Крепежные изделия заменены сопряжениями, обеспечивающими все основные перемещения узлов модуля.

Робот состоит из основания 1, вилки 2, тяги 3, плеча 4 и платформы 5. Основание 1 (рис. 3) обеспечивает позиционирование платформы, точкой отсчета координат является центр описан-

ной окружности. Вилка 2 зафиксирована на основании 1 модуля и шарнирно связана с плечом 4, сервопривод 6 необходим для обеспечения точности движения. Платформа 1 служит для закрепления (фиксации) обрабатываемой детали.

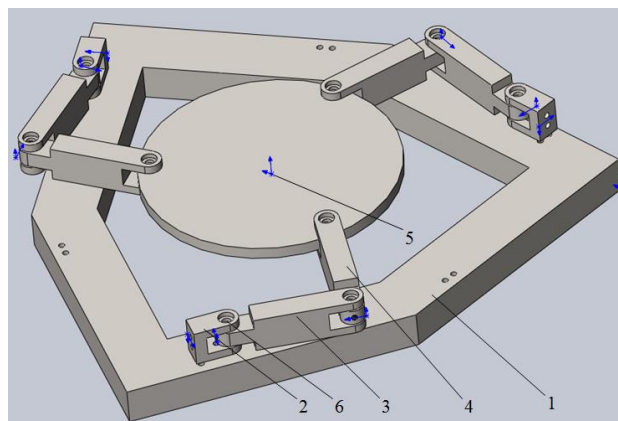


Рис. 2. 3D-модель робота:
1 – основание; 2 – вилка; 3 – плечо; 4 – тяга; 5 – диск;
6 – сервопривод

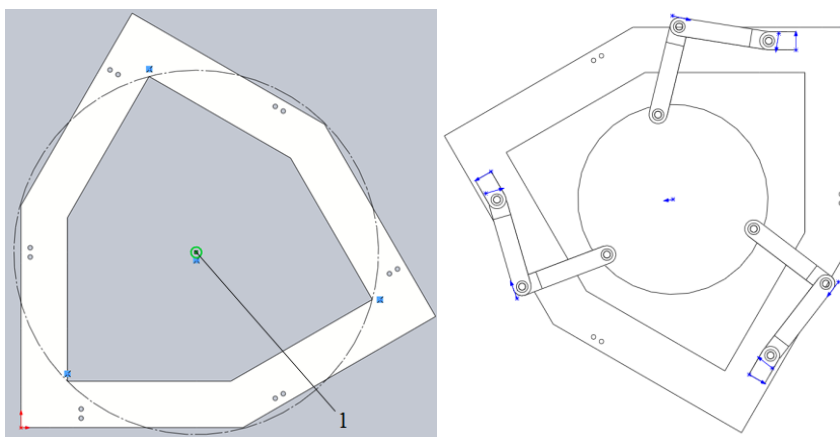


Рис. 3. Основание: 1 – центр описанной окружности

Полученная модель показала наличие всех необходимых степеней свободы, а анализ наличия зазоров и пересечений позволил устранить все недочеты конструкции на этапе проектирования. Таким образом, при изготовлении и сборке натурального макета удастся избежать неточностей и ошибок, тем самым снизятся затраты на материалы и время на сборку и подготовку изделия. Электронная модель робота так же может быть в дальнейшем использована для проведения инженерных расчетов и математического анализа характера движения рабочего органа. В ходе дальнейших исследований на основе электронной модели будет проведен кинематический анализ подвижных частей робота, а также оценка характера их движения, траектории, скорости и ускорения любой точки подвижного звена.

Проведем кинематический анализ построенной 3D-модели в SOLIDWORKS Motion, задавая для подвижных элементов модулей связи и условия, приближенные к реальным условиям эксплуатации. Процедура анализа движения позволяет учитывать физику движения сборки.

При исследовании движения используются такие элементы и параметры анализа как: ограничения движения, свойства материала, масса, скорости и контакты компонентов.

Модуль SOLIDWORKS Motion представляет из себя: дерево конструирования, временную шкалу, расположенную справа от дерева конструирования, элементы исследования движения (двигатель, контакт). Временная шкала отображает время и тип анимации в исследовании движения [11].

Для моделирования движения робота были использованы такие сопряжения как: совпадение и концентричность. Совпадение располагает выбранные грани, кромки и плоскости так, чтобы они лежали на одной плоскости, две вершины так, чтобы они соприкасались. Совпадение ограничивает перемещение компонентов сборки в пространстве. Концентричность обеспечивает совпадение геометрических осей двух объектов. Концентричность позволяет заменить шарнирные соединения в сборке.

Контакт предотвращает проникновение деталей друг в друга во время движения [12]. Контакт дополняет сопряжения ограничивая движение деталей.

Следующим шагом необходимо добавить двигатель. Двигатель перемещает компоненты в выбранном направлении. Для нашего исследования был выбран линейный двигатель с постоянной скоростью. Механизм нижней части соединен с рамой через звенья, которые так же в свою очередь между собой взаимодействуют через подвижную связь. В данном случае рабочая

зона каждого звена ограничена максимальным углом сгиба подвижной части. Вся нижняя часть представлена рамой, платформой и подвижными звеньями и как видно на рис. 4 условно разбита на 3 симметричные части, чтобы обеспечить равномерное перемещение обрабатываемого изделия, закрепленного на подвижной платформе. Центром отсчета координат является центр описанной окружности.

Для примера приведен расчет движения от одного из двигателей. Для обеспечения движения задан двигатель для одного из подвижных звеньев для перемещения нижней платформы и определения траектории, которую описывает центральная точка платформы. При этом платформа может выполнять как вращательное, так и поступательное движение.

Результаты анализа движения представлены на рис. 4. Двигателю 1 задано вращательное движение против часовой стрелки на 40° . Траектория движения симметрична для остальных двигателей.

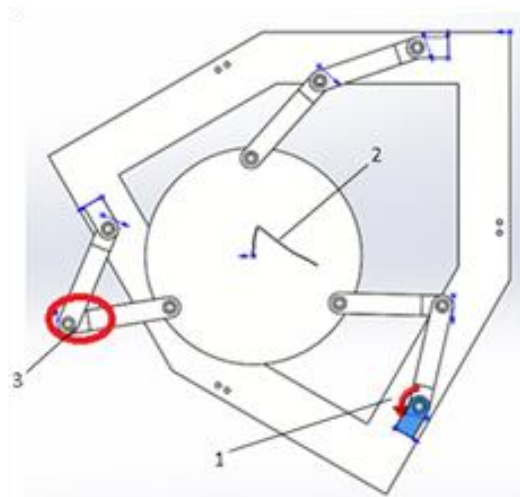


Рис. 4. Модель робота электродвигателя:
1 – двигатель; 2 – траектория движения центра нижнего модуля; 3 – зона контакта

В результате моделирования получена траектория движения выходного звена робота (рис. 5).

Оптимизация траектории должна проводиться при ограничениях на размеры рабочего пространства и (при необходимости) обрабатываемого изделия [9–10].

Вначале необходимо построить гиперповерхность ограничений, которая обеспечивает необходимую для безопасного позиционирования удаленность траектории движения от поверхности обрабатываемого изделия и границ рабочего пространства механизма (см. алгоритм на рис. 6).

В качестве исходных данных для построения гиперповерхности ограничений используется би-

нарная матрица A , с помощью которой описывается форма обрабатываемой детали. В цикле по каждой из входных координат механизма ($L1$, $L2$, $L3$) на основе нейросетевых функций [13], обеспечивающих решение прямой задачи кинематического анализа, определяются соответствующие значения выходных координат (x , y , φ).

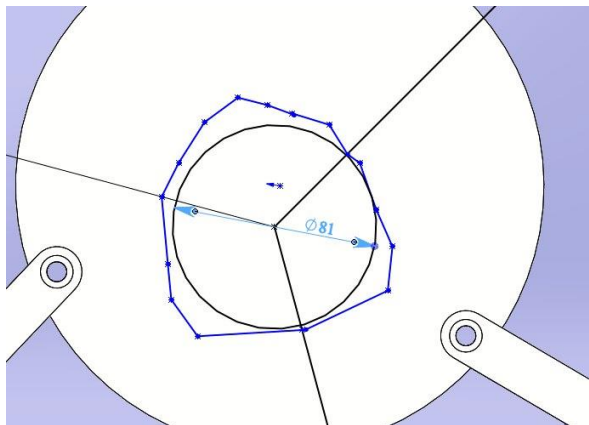


Рис. 5. Траектория движения выходного звена модуля для установки детали.

Затем осуществляется проверка неравенства нулю (и знакопостоянства) Якобиана [14]. При этом необходимый запас, удаленность системы от точек сингулярности обеспечивается величиной J_{min} . В случае, если выполняется условие $J(x, y, \varphi) < J_{min}$, в массив рабочего пространства B заносится значение 1 (точка запрещена) и итерация цикла завершается.

В противном случае производится поиск запрещенных точек в матрице A , удаленных от текущей точки на расстояние, не больше заданного. Если такая запрещенная точка будет найдена, в массив B заносится значение 1 и итерация цикла завершается. Таким образом, имеющиеся ограничения переносятся во входные координаты.

В случае если в результате обработки не происходит существенных изменений линейных размеров детали, описанный алгоритм может быть выполнен однократно. Если же такие изменения происходят, для уменьшения длительности позиционирования может быть рекомендована дополнительная коррекция массива B в соответствии с изменением матрицы A .

Позиционирование (за исключением первоначального) выполняется по окончании очередного этапа обработки изделия (рабочего перемещения) и начинается из некоторой разрешенной точки C_0 , в которую непосредственно от поверхности детали отводится инструмент. Аналогично закончить позиционирование (за исключением финального) должно в некоторой разрешенной

точке C_k , из которой предполагается осуществлять подвод инструмента к поверхности обрабатываемого изделия.

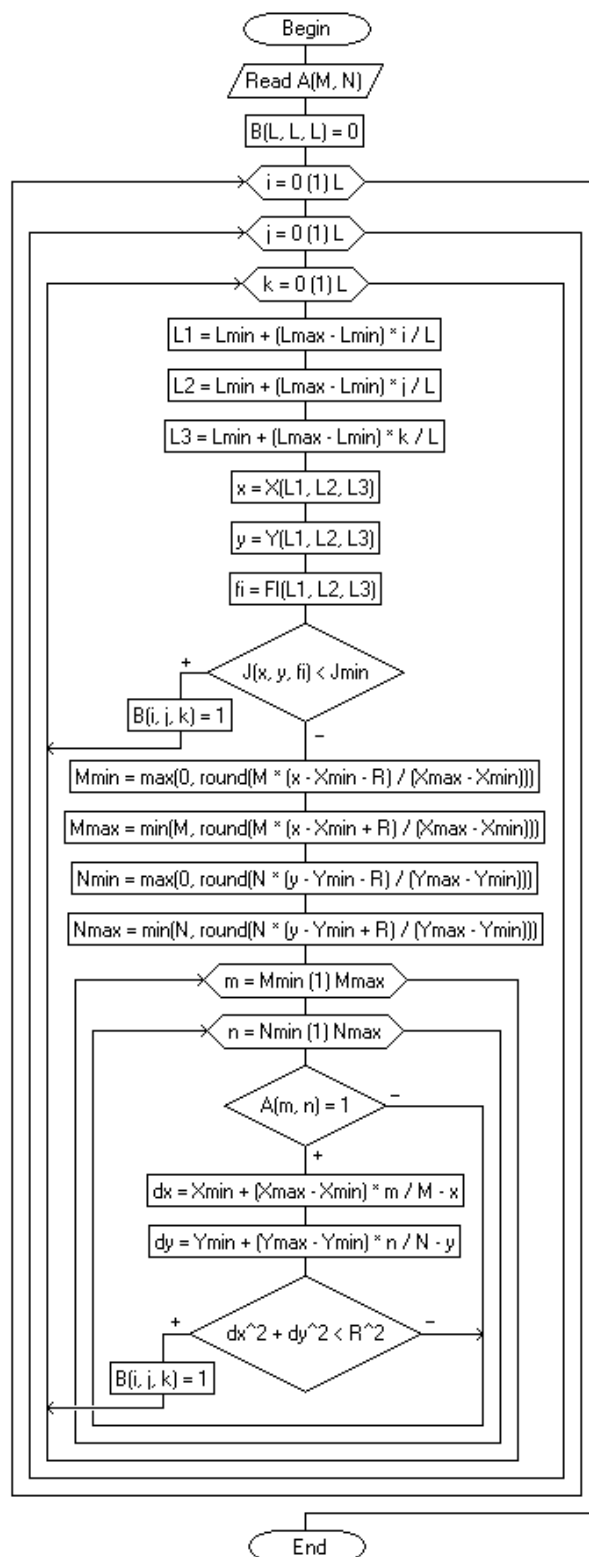


Рис. 6. Алгоритм построения гиперповерхности ограничений

Остальные точки траектории $C_1 \dots C_{k-1}$ должны быть выбраны в результате ее оптимизации. Исходное семейство случайных траекторий, каждая из которых представляет собой совокуп-

ность последовательных прямолинейных перемещений (шагов) из точки C_i в точку C_{i+1} и обеспечивает безопасный (с учетом ограничений) перевод механизма из точки C_0 в точку C_K , может быть построено любым из перечисленных выше способов.

К каждой из этих траекторий может быть применен алгоритм дискретной локальной оптимизации [15], который сводится к последовательному уменьшению длины шагов в результате многократного переноса отдельных точек. Данная методика разработана для уменьшения суммарной длины траектории, но, как нетрудно показать, ее использование не приведет к увеличению длительности позиционирования, поэтому предложенная выше целевая функция в результате такой оптимизации может быть уменьшена.

Использованная модификация метода, пригодная к применению для оптимизации траектории позиционирования.

Проиллюстрируем предлагаемую методику на примере изменения длин двух звеньев (двумерная задача).

В результате применения дискретной локальной оптимизации исходное семейство случайных траекторий – красная, зеленая и коричневая линии на рис. 7 (величина шага сильно преувеличена) – будет сведено к двум маршрутам – красная и зеленая линии. При этом очевидно, что их длина одинакова, однако, как показывает расчет, позиционирование по зеленой траектории занимает на 8,5 % больше времени.

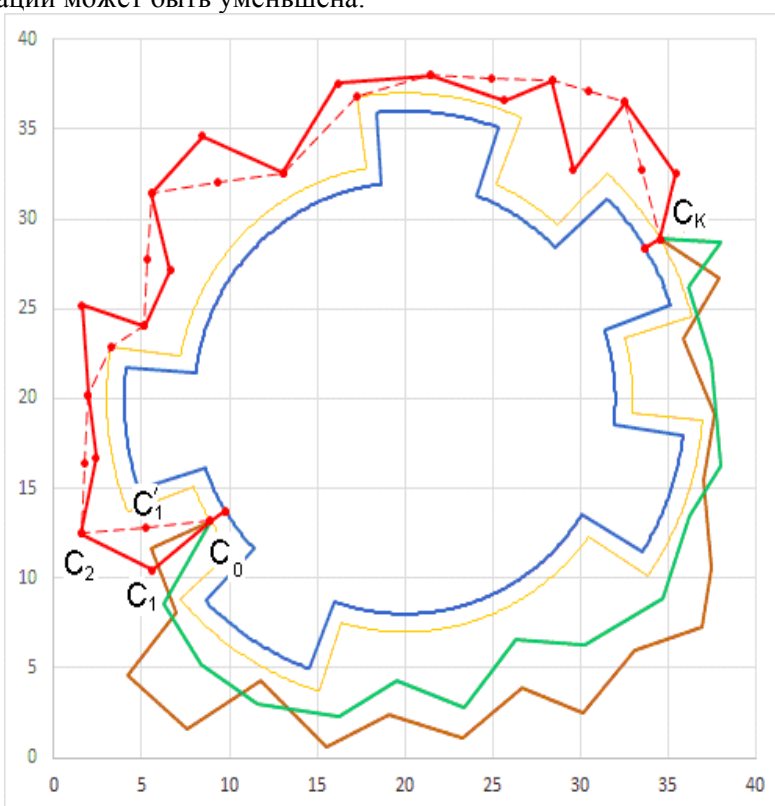


Рис. 7. Семейство траекторий позиционирования и их оптимизация (величина шага сильно преувеличена)

Заключение. Представленные возможности применения кинематического анализа с использованием SOLIDWORKS Motion позволяют получить результаты, которые могут быть применены при проектировании подобных конструкций и упростить дальнейшие исследования в данной области. Применение предложенной методики переноса имеющихся ограничений в пространство входных координат робота-станка параллельной структуры и использование в качестве целевой функции модифицированной метрики Чебышева позволяют проводить оптимиза-

цию времени позиционирования рабочего инструмента и, в конечном итоге, снизить общую длительность обработки изделия.

Источник финансирования. РНФ, грант № 16-19-00148.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Glazunov V.A., Koliskor A.S., Krainev A.F., 1991. The Spatial Mechanisms with Parallel Structure. M.: Nauka, pp. 95.
2. Rybak L.A., Chichvarin A.V., Mamaev Y.A., Gaponenko E.V. Synthesis of Control System of Single- and a Two-Section Manipulators with Parallel

Kinematics // Fundamental Problems of Engineering and Technology. 2012, (2-6). Pp. 60-68.

3. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Mamaev Y.A., New Technologies of High-Speed Mechanical Processing on Machine Tools with Parallel Kinematics // Fundamental Problems of Engineering and Technology, 2012, (6): www.science-education.ru/106-7430.

4. Merlet J.P., Force-Feedback Control of Parallel Manipulators // Proc. IEEE Intern. Conf. Robot, and Automat., Philadelphia. Wash. 1988. vol. 3. Pp. 1484–1989.

5. Rybak L.A., Gosselin C., Chichvarin A.V., Grinek A.V. The method of structural synthesis of parallel mechanisms with the set of the trajectory of output link on the plane // Advances in Environmental Biology. 2014. №8 (4). Pp. 855-861.

6. Рыбак Л.А., Гапоненко Е.В., Мамаев Ю.А. Новые технологии высокоскоростной механической обработки на станках с параллельной кинематикой // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. С. 21.

7. Рыбак Л.А., Чичварин А.В., Мамаев Ю.А., Гапоненко Е.В. Синтез системы управления одно- и двухсекционного манипуляторов с параллельной кинематикой // Фундаментальные проблемы техники и технологии. 2012. №2-6. С. 60.

8. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Chichvarin A.V. Determination of Static Error of the Machine with Parallel Kinematic // World Applied Sciences Journal. 2014. №30 (9). Pp. 1193–1198.

9. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Mamaev Y.A. Algorithm for correcting the trajectory of the work-

ing body of the parallel robot based on special provisions // World Applied Sciences Journal. 2015. №25 (9). Pp. 824-834.

10. Rybak L.A., Chichvarin A.V., Duyun T.A. Synthesis of Optimal Superstability-Based Controller for Active Vibroprotection Systems with Electromechanical and Electrohydraulic Actuators // Advances in Environmental Biology. 2014. №8 (4). Pp. 844–854.

11. Howard W., Musto J. Introduction to Solid Modeling Using SolidWorks. 2017/ McGraw-Hill Higher Education. 2017. 400 p.

12. Lee H-H. Mechanics of Materials Labs with SolidWorks Simulation. SDC Publications. 2014. 278 p.

13. Kong H., Gosselin C.M. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer, 2007.

14. Rybak L.A., Khalapyan S.Y., Gaponenko E.V. Issues of planning trajectory of parallel robots taking into account zones of singularity // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042092.

15. Коротков М.С., Щербачев В.С. Алгоритм дискретной локальной оптимизации траектории перемещения объекта в пространстве с препятствиями // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. С. 317–322.

16. Рыбак Л.А., Мамаев Ю.А., Малышев Д.И., Виравян Л.Г. Программный модуль для реализации заданной траектории движения выходного звена робота-гексапода для 3D печати изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №8. С. 155–164.

Информация об авторах

Виравян Лусине Гарниковна, аспирант кафедры технологии машиностроения.

E-mail: lvg181992@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Халапьян Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент.

E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт» «МИСиС»).

Россия, 309516, Старый Оскол, Макаренко микрорайон, 42.

Кузьмина Виктория Сергеевна, инженер центра высоких технологий.

E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июле 2018 г.

© Виравян Л.Г., Халапьян С.Ю., Кузьмина В.С., 2018

Virabyan L.G., Khalapyan S.Y., Kuzmina V.S.

OPTIMIZATION OF THE POSITIONING TRAJECTORY OF PLANAR PARALLEL ROBOT OUTPUT LINK

The article presents a kinematic analysis of the planar parallel robot motion using the SolidWorks Motion application based on the built 3D model. Such elements of the motion investigation as movement restrictions, material properties, mass, speed and component contacts were taken into account in the course of the analysis. The results of robot motion simulation are presented. The real movements of the links of the mechanism were replaced by the interfaces of the SolidWorks Motion application during the simulation. As a result of the analysis, the maximum movements of the links are determined, and the adequacy of the developed moving parts and the absence of conflicting links are established. Trajectories of the output links of the robotic complex modules are obtained. The analysis allows us to draw conclusions about the correctness of the trajectories of the modules displacement for performing products processing operations of varying complexity. The optimization of the positioning path using the Chebyshev metric is considered, which allows to minimize the length of positioning. An algorithm for constructing a hypersurface of a constraint is considered, which provides the distance of the trajectory necessary for safe positioning from the boundaries of the working area. The results of mathematical modeling are presented.

Keywords: robotic complex, relative manipulation mechanism, SolidWorks Motion, kinematic analysis, trajectory.

REFERENCES

1. Glazunov V.A., Koliskor A.S., Krainev A.F., 1991. The Spatial Mechanisms with Parallel Structure. M.: Nauka, pp. 95.
2. Rybak L.A., Chichvarin A.V., Mamaev Y.A., Gaponenko E.V. Synthesis of Control System of Single- and a Two-Section Manipulators with Parallel Kinematics. Fundamental Problems of Engineering and Technology, 2012, (2-6), pp. 60–68.
3. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Mamaev Y.A., New Technologies of High-Speed Mechanical Processing on Machine Tools with Parallel Kinematics. Fundamental Problems of Engineering and Technology, 2012, (6): www.science-education.ru/106-7430.
4. Merlet J.P., Force-Feedback Control of Parallel Manipulators. Proc. IEEE Intern. Conf. Robot, and Automat., Philadelphia. Wash, 1988, vol. 3, pp. 1484–1989.
5. Rybak L.A., Gosselin C., Chichvarin A.V., Grinek A.V. The method of structural synthesis of parallel mechanisms with the set of the trajectory of output link on the plane. Advances in Environmental Biology, 2014, no. 8 (4), pp. 855–861.
6. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Mamaev Yu.A. New technologies of high-speed machining on machines with parallel kinematics. Modern problems of science and education, 2012, no. 6, p. 21.
7. Rybak L.A., Chichvarin A.V., Mamaev Y.A., Gaponenko, E. V. Synthesis of control systems with one – and two-piece manipulators with parallel kinematics. Fundamental problems of technics and technology, 2012, no. 2–6, pp. 60.
8. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Chichvarin A.V. Determination of Static Error of the Machine with Parallel Kinematic. World Applied Sciences Journal, 2014, no. 30 (9), pp. 1193–1198.
9. Rybak L.A., Gaponenko E.V., Mamaev Y.A. Algorithm for correcting the trajectory of the working body of the parallel robot based on special provisions. World Applied Sciences Journal, 2015, no. 25 (9), pp. 824–834.
10. Rybak L.A., Chichvarin A.V., Duyun T.A. Synthesis of Optimal Superstability-Based Controller for Active Vibroprotection Systems with Electromechanical and Electrohydraulic Actuators. Advances in Environmental Biology, 2014, no. 8 (4), pp. 844–854.
11. Howard W., Musto J. Introduction to Solid Modeling Using SolidWorks. 2017/ McGraw-Hill Higher Education, 2017, 400 p.
12. Lee H-H. Mechanics of Materials Labs with SolidWorks Simulation. SDC Publications, 2014, 278 p.
13. Kong, H., Gosselin C.M. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer, 2007.
14. Rybak L.A., Khalapyan S.Y., Gaponenko E.V. Issues of planning trajectory of parallel robots taking into account zones of singularity. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042092.
15. Korytov M.S., Shcherbakov V.S. Algorithm of discrete local optimization of the object trajectory in space with obstacles. Transport and transport-technological systems: proceedings of the International scientific and technical conference. Tyumen: TSOGU, 2011, pp. 317–322.
16. Rybak L.A., Mamaev Y.A., Malyshev D.I., Virabyan L.G. Software module for implementing a predetermined path of movement of the output link of the robot hexapod, for 3D printing products. Bulletin BGTU im. V. G. Shukhov, 2016, no. 8, pp. 155–164.

Information about the author

Lusine G. Virabyan, Postgraduate student.

E-mail: lvg181992@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sergey Y. Khalapyan, PhD, Assistant professor.

E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

Starooskolsky Technological Institute A.A. Ugarova (a branch of National Research Technological Institute "MISiS").

Russia, 309516, Stary Oskol, Makarenko microdistrict, 42.

Victoria S. Kuzmina, Engineer.

E-mail: rl_bgtu@intbel.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in July 2018

Для цитирования:

Ви́рабян Л.Г., Ха́лапьян С.Ю., Кузьмина В.С. Оптимизация траектории позиционирования выходного звена планарного параллельного робота // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 106–113.

DOI: 10.12737/article_5bab4a2147fc30.43957017

For citation:

Virabyan L.G., Khalapyan S.Y., Kuzmina V.S. Optimization of the positioning trajectory of planar parallel robot output link. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 106–113.

DOI: 10.12737/article_5bab4a2147fc30.43957017

DOI: 10.12737/article_5bab4a21f1f347.49352549

¹Остановский А.А., канд. техн. наук, доц., главный инженер,²Дровников А.Н., д-р техн. наук, проф.,³Осипенко Л.А., канд. техн. наук, доц.,²Маслов Е.В., аспирант¹ООО «Оптимастрой», г. Руза Московской области²Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова³Институт Сферы обслуживания и предпринимательства
(филиал) Донского государственного технического университета

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ ДИНАМИЧЕСКОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СИСТЕМЫ «МАЯ» И «МКАД»

Обосновывается необходимость проведения серии экспериментов на физической модели мельницы системы «МАЯ» по определению энергозатрат при измельчении мергеля с исходной крупностью кусков $d_{cp}=30$ мм. Показана процедура по преобразованию мельницы системы «МКАД» в физическую модель мельницы динамического самоизмельчения системы «МАЯ», что позволит получить сопоставимые и объективные результаты. Приводятся результаты экспериментальных исследований удельных энергозатрат мельницы систем «МАЯ» и «МКАД», полученных на опытных образцах при равных конструктивных и режимных параметрах. Построены графики зависимости энергопотребления от кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура, высоты засыпки исходного материала и диаметра выпускных отверстий в барабане мельниц сравниваемых систем. Представлены результаты удельных энергозатрат для мельниц двух систем, показывающие более высокую энергоэффективность мельницы системы «МКАД», структурная схема которой имеет индифферентную группу. Это позволяет дополнительно использовать для разрушения частиц материала потенциальную энергию от скручивания вала приводного двигателя.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергозатраты, удельные энергозатраты, производительность, кинематическое несоответствие, циркулирующая мощность, индифферентные структурные группы.

Одним из перспективных направлений совершенствования и развития измельчительного оборудования, использование которого позволит снизить энергозатраты, является созданный на основе разработанной классификации [1, 2] экспериментальный образец вертикальной мельницы динамического самоизмельчения системы «МКАД», структурная схема которой имеет индифферентную структурную группу [3]. Отличительной особенностью мельницы этой системы является наличие в её кинематической цепи замкнутого контура. Это позволяет при подводе потоков мощности от приводного двигателя по верхней и нижней ветви замкнутого контура к столбу измельчаемого материала за счёт их кинематического несоответствия использовать так называемую «циркулирующую» энергию, которая возникает при скручивании вала приводного двигателя и обеспечить дополнительное силовое воздействие на частицы измельчаемого материала [4–10].

Однако в процессе проведения эксперимента на опытном образце мельницы этой системы по ряду причин не исследовались факторы, которые

могут повлиять на выходные технические показатели по производительности и энергзатратам. К таким факторам можно отнести способ выпуска измельчённого материала через отверстия, которые выполнены в боковой поверхности барабана, а не в роторе, как это осуществляется в мельнице системы «МАЯ» или через щелевые отверстия, находящиеся между ротором и неподвижным цилиндрическим корпусом [11–13]. Кроме того, одновременное вращение барабана и ротора в одном направлении, но с разными угловыми скоростями, приводит к изменению вектора движения частиц через выпускные отверстия, что способствует несвоевременной эвакуации достигших определённых размеров частиц измельчаемого материала и его переизмельчению и росту энергозатрат [14].

Так как теоретическое исследование этого фактора для мельницы данной системы является весьма сложной задачей, то на начальном этапе целесообразным и необходимым условием для оценки энергоэффективности мельниц системы «МАЯ» и «МКАД» является экспериментальное подтверждение возможности полезного исполь-

зования «циркулирующей» энергии, обеспечивающей более высокую энергоэффективность вертикальной мельницы динамического самоизмельчения с индифферентной структурной группой.

Поэтому дополнительно проведена серия экспериментальных исследований на опытном образце, который с помощью его незначительной модернизации мельница системы «МКАД» была преобразована в мельницу системы «МАЯ», в которой цилиндрический корпус остаётся неподвижным в период измельчения. Преобразование вертикальной мельницы динамического самоизмельчения системы «МКАД» в мельницу системы «МАЯ» достигается отсоединением приводной цепи верхней ветви приводной 5 и ведомой 3 звёздочек и заклинивания барабана 1 с помощью стопора 4, что позволило исключить передачу крутящего момента от электродвигателя 6 к барабану 1 (рис. 1).

С помощью произведённого преобразования была получена физическая модель мельницы системы «МАЯ», в которой реализован принцип подобия процесса измельчения для мельниц двух систем [15]. Это позволило для физической модели соблюсти равными геометрические и кинематические параметры сравниваемых вариантов мельниц, что позволяет объективно оценить выходные показатели по производительности и энергозатратам.

Выполненная процедура по преобразованию мельницы системы «МКАД» и систему «МАЯ» позволяет избежать необходимости изготовления дополнительной экспериментальной установки и обеспечить при проведении опытов равенство изменяемых параметров: высоты засыпки исходного материала $H_{сл}$ (X_2), диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{вып}$ (X_3), т. е. влияние тех параметров на энергозатраты и производительность, которые были приняты в полнофакторном эксперименте для мельницы этой системы [16]. В этом случае вместо кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура

в приведённой мельнице системы «МАЯ» частота вращения ротора устанавливалась таким образом, чтобы она была равна разности частот вращения ротора и барабана, т.е. такие режимы, которые используются в мельнице системы «МКАД» — $n_{рот(МАЯ)} = n_{рот(МКАД)} - n_{бар(МКАД)} \approx 350 \div 400$ об/мин [17].

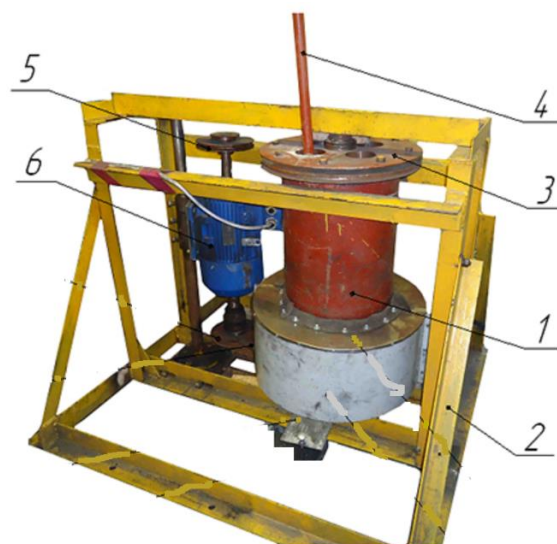


Рис. 1. Приведение мельницы системы «МКАД» к мельнице системы «МАЯ» путём отсоединения привода верхней ветви и стопорением цилиндрического барабана:

- 1 – цилиндрический застопоренный барабан;
2 – рама; 3 – ведомый шкив привода барабана; 4 – м стопор; 5 – ведущая звёздочка привода ротора;
6 – электродвигатель

Установление необходимой частоты вращения ротора в преобразованную мельницу системы «МАЯ» осуществлялась путём смены ведущей и ведомой звёздочки в нижней ветви.

В табл. 1 представлены некоторые конструктивные и кинематические параметры ведущей и ведомой звёздочек привода ротора, обеспечивающих сопоставимые частоты вращения ротора в мельницах системы «МКАД» по отношению к частоте вращения ротора в мельнице системы «МАЯ».

Таблица 1

Частота оборотов ротора в зависимости от соотношения ведущей и ведомой звёздочки привода ротора

№ п/п	Частота вращения электродвигателя $n_{дв}$, об/мин	Число зубьев ведущей звёздочки нижней ветви, Z_1	Число зубьев ведомой звёздочки нижней ветви, Z_2	Передаточное отношение передачи, $i_{пер}$	Частота вращения ротора $n_{рот}$, об/мин
1	1750	13	69	0,188	329,0
2	1750	15	69	0,217	379,8
3	1750	17	69	0,246	430,5
4	1750	18	69	0,261	456,8
5	1750	19	69	0,275	481,3
6	1750	23	69	0,333	582,8

Таким образом, при одинаковых значениях влияющих факторов: высоты засыпки исходного материала (мергеля) с одинаковыми физико-механическими свойствами – $H_{сл}$, диаметре выпускных отверстий в барабане $d_{вып}$, режим вращения ротора обеспечивался из расчёта, что разность между частотой вращения между частотой вращения ротора и барабана, которая устанавливалась на мельнице системы «МКАД» была равна

частоте вращения ротора в мельнице системы «МАЯ» (табл. 2).

Такое соотношение частот вращения роторов позволяют обеспечить одинаковую физическую картину процесса измельчения в мельницах обоих типов и получить сопоставимые результаты энергозатрат измельчения исследуемого материала.

Таблица 2

Соотношение частот вращения роторов в мельнице системы «МКАД» и физической модели мельницы системы «МАЯ»

№ опытов	Параметры процесса								
	Мельница системы «МКАД»						Физическая модель мельницы системы «МАЯ»		
	Кинематическое несоответствие $i_{кн}$	Высота засыпки материала $H_{сл}$, мм	Диаметр выпускных отверстий в барабане, $d_{вып}$, мм	Частота вращения барабана $n_{бар}$ (МКАД), об/мин	Частота вращения ротора $n_{рот}$ (МКАД), об/мин	Разность частот вращения ротора и барабана, Δn	Частота вращения барабана $n_{бар}$ (МАЯ), об/мин	Частота вращения ротора $n_{рот}$ (МАЯ), об/мин	Разность частот вращения ротора и барабана Δn , об/мин
1	0,42	500	9,0	292,4	614,4	322	0	329	329
2	0,42	500	5,0	292,4	614,4	322	0	329	329
3	0,42	260	9,0	292,4	614,4	322	0	380,4	329
4	0,42	260	5,0	292,4	614,4	322	0	380,4	329
5	0,32	500	9,0	196,4	614,4	418	0	431,2	431,2
6	0,32	500	5,0	196,4	614,4	418	0	431,2	431,2
7	0,32	260	9,0	196,4	614,4	418	0	431,2	431,2
8	0,32	260	5,0	196,4	614,4	418	0	431,2	431,2
9	0,22	380	7,0	172	768	596	0	582,8	582,8
10	0,38	380	3,4	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
11	0,38	178	7,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
12	0,48	380	7,0	292,4	614,4	322	0	329,7	329,7
13	0,38	380	10,4	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
14	0,38	581,2	7,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
15	0,38	380	7,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
16	0,38	380	9,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
17	0,38	500	7,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
18	0,42	500	7,0	292,4	614,4	322	0	380,4	380,4
19	0,42	380	9,0	292,4	614,4	322	0	380,4	380,4
20	0,38	260	7,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
21	0,38	380	5,0	292,4	768	475,6	0	481,9	481,9
22	0,32	380	5,0	196,4	614,4	418	0	431,2	431,2
23	0,32	260	7,0	196,4	614,4	418	0	431,2	431,2

Сравнение частот вращения роторов в мельницах системы «МАЯ» и «МКАД» показывает, что минимальная разность частот вращения составляет 1,3%, а максимальная 3,1%, что не может существенно повлиять на протекание режима измельчения и показатели по производительности и энергопотреблению

В результате проведения эксперимента 2-го этапа были определены минутная производительность мельницы системы «МАЯ» ($G_{вых1}$) и удельные энергозатраты за период измельчения – $e_{уд1}$ (кВт·ч/т), (табл. 2).

Энергопотребление за период измельчения определялось, как

$$E_i = \int_0^t N_i(dt), \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1)$$

где N_i – мощность, потребляемая из сети в i -й момент времени, кВт; t_i – продолжительность измельчения материала, ч.

Так как в мельнице системы «МАЯ» потребляемая мощность будет равна мощности, потребляемой из сети при заторможенном барабане, то справедливым будет записать

$$E_i = \int_0^t N_{\text{зат}i}(dt), \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (2)$$

где $N_{\text{зат}i}$ – мощность, потребляемая из сети при заторможенном барабане, кВт.

На рис. 2 приставлен график зависимости изменения мощности, потребляемой из сети, полученный в одном из опытов на мельнице системы «МАЯ», а на рис. 3 – график изменения мощности в замкнутом контуре и мощности потреблённой из сети в мельнице системы «МКАД».

При этом мощность при заторможенном барабане в мельнице системы «МАЯ» будет равна мощности, потребляемой из сети для мельницы этой системы.

Удельные энергозатраты для мельницы системы «МКАД» определяться из выражения

$$e_{\text{уд}i} = \frac{\int_0^t N_i dt}{G_{\text{вых}i}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг} \quad (3)$$

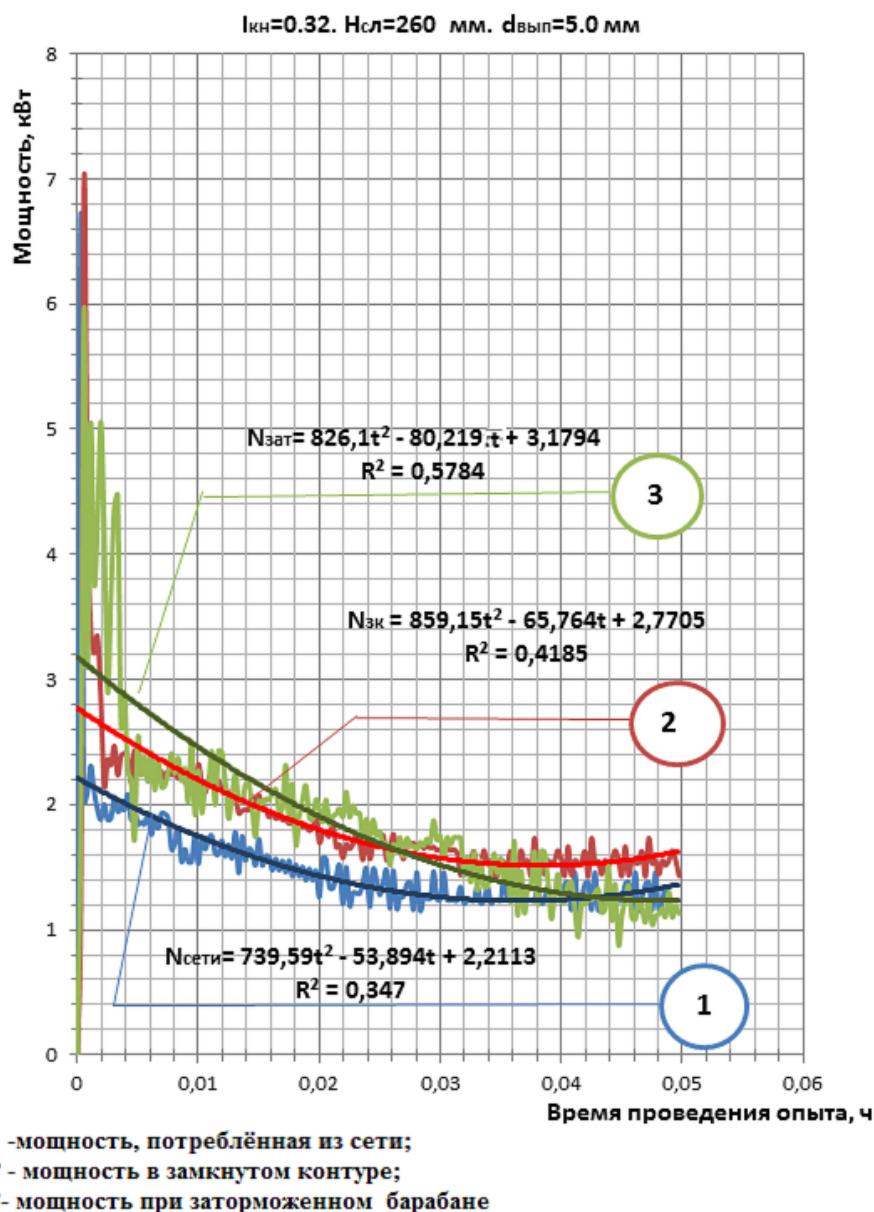


Рис. 2. Изменение мощности на роторе $N_{\text{зат}}$ и в замкнутом контуре $N_{\text{зк}}$ из опыта № 8 в мельницах системы «МАЯ» и «МКАД» при параметрах:

а) высота засыпки материала в барабане $H_{\text{сл}}=260$ мм; б) диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{\text{вып}}=5,0$ мм

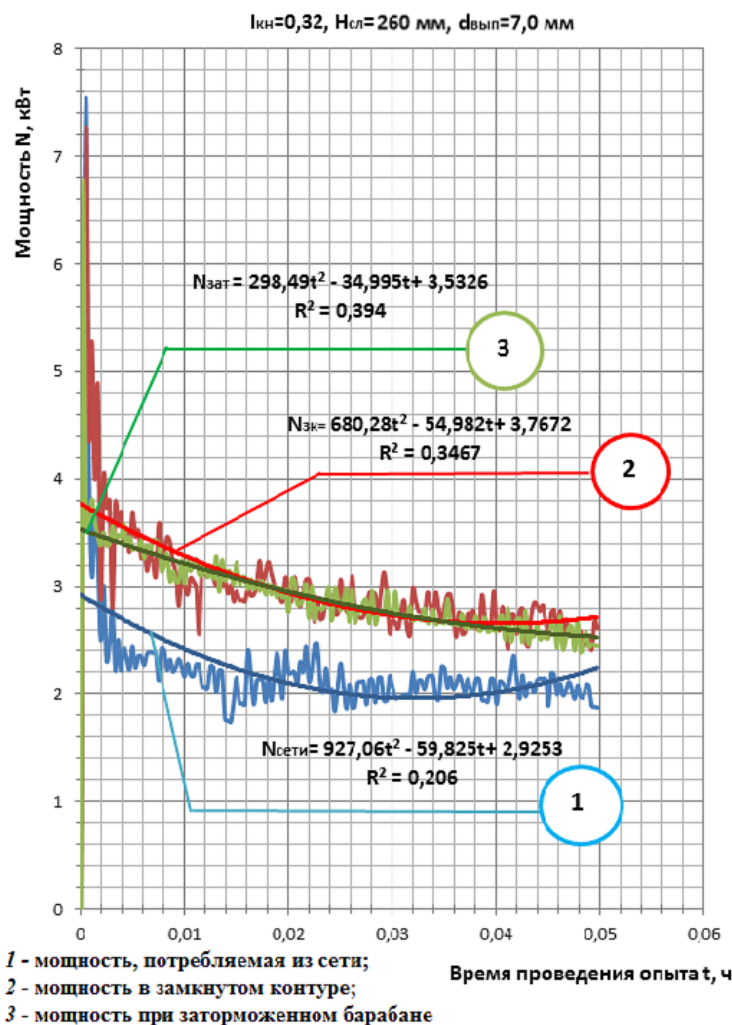


Рис. 3. Изменение мощности на роторе $N_{зат}$ и в замкнутом контуре $N_{зк}$ из опыта № 23 в мельницах системы «МАЯ» и «МКАД» при параметрах:

а) высота засыпки материала в барабане $H_{сл}=260$ мм; б) диаметр выпускных отверстий в барабане $d_{вып}=7,0$ мм

Вычисление энергозатрат для опыта №8 для мельницы системы «МАЯ» на основе полученных графических зависимостей (см. рис. 2) по формуле (1) за период измельчения t , равный 3 мин (0,05 ч) даёт следующий результат

$$E_{зат8} = \int_0^{t_i} (826,1 \cdot t^2 - 80,219 \cdot t + 3,1794) dt = 0,093 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Так как в мельнице системы «МКАД» мощность в замкнутом контуре превышает мощность, потребляемую из сети за счёт возникновения «циркулирующей» энергии, то для мельницы этой системы в 8-м опыте определяются из выражения

$$E_{сети8} = \int_0^{t_i} (739,59 \cdot t^2 - 53,894 \cdot t + 2,2113) dt = 0,074 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Аналогично произведено вычисление энергозатрат для опыта №23 (см. рис. 3)

$$E_{зат23} = \int_0^{t_i} (298,49 \cdot t^2 - 34,995 \cdot t + 3,5326) dt = 0,145 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$E_{сети23} = \int_0^{t_i} (927,06 \cdot t^2 - 59,825 \cdot t + 2,9253) dt = 0,11 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Аналогично проведены и остальные вычисления для опытов №1-8, и №23.

Удельные энергозатраты определялись по формуле

$$e_{уд i} = \frac{E_i}{G_{вых i}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг} \quad (3)$$

где $G_{вых i}$ – вес материала, вышедшего из мельницы за период измельчения t_i .

Полученные результаты удельных энергозатрат для физической модели мельницы системы «МАЯ» сведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты вычисления энергозатрат физической модели мельницы
системы «МАЯ» для опытов 1-23**

№п/п	Частота вращения ротора $n_{рот}$, об/мин	Энергозатраты за период измельчения E_i , кВт·с / (кВт·ч)	Производительность мельницы за период измельчения $G_{выхi}$, кг/3 мин	Период измельчения t_i , мин /ч	Удельные энергозатраты $e_{уд}$, кВт·ч/кг (кВт·ч/т)
1	380,4	0,112	6,49	3,0/0,05	5,75
2	380,4	0,181	4,97	3,0/0,05	12,14
3	380,4	0,12	6,42	3,0/0,05	6,23
4	380,4	0,12	4,14	3,0/0,05	9,62
5	431,2	0,181	7,65	3,0/0,05	7,89
6	431,2	0,144	3,71	03,0/0,05	12,94
7	431,2	0,112	6,33	3,0/0,05	5,99
8	431,2	0,093	3,78	3,0/0,05	8,21
9	582,8	0,247	10,06	3,0/0,05	8,18
10	481,9	0,186	2,98	3,0/0,05	20,81
11	481,9	0,099	3,90	3,0/0,05	8,46
12	329,7	0,213	5,91	3,0/0,05	12,01
13	481,9	0,21	11,1	3,0/0,05	6,31
14	481,9	0,258	6,22	3,0/0,05	13,26
15	481,9	0,225	6,69	3,0/0,05	10,87
16	481,9	0,211	9,95	3,0/0,05	7,07
17	481,9	0,25	6,42	3,0/0,05	12,98
18	380,4	0,23	6,13	3,0/0,05	12,51
19	380,4	0,17	7,27	3,0/0,05	7,79
20	481,9	0,187	3,88	3,0/0,05	16,65
21	481,9	0,175	4,41	3,0/0,05	13,23
22	431,2	0,108	3,76	3,0/0,05	9,57
23	431,2	0,145	6,06	3,0/0,05	7,98

В табл. 4 представлены обобщённые результаты экспериментальных исследований энергоэффективности мельниц систем «МАЯ» и

«МКАД» при измельчении мергеля с исходной крупностью исходных кусков $d_{ср}=30$ мм.

Таблица 4

**Обобщённые результаты удельных энергозатрат вертикальных мельниц динамического
самоизмельчения системы «МКАД» и «МАЯ»**

№ опытов	Частоты вращения роторов, об/мин $\frac{n_{рот(МКАД)}}{n_{рот(МАЯ)}}$	Разность частот вращения между ротором и барабаном, об/мин $\frac{n_{рот} - n_{бар(МКАД)}}{n_{рот} - n_{бар(МАЯ)}}$	Относительное отклонение частоты вращения роторов, %	Период измельчения t , ч	Производительность за период измельчения, кг $\frac{G_{вых(МКАД)}}{G_{вых(МАЯ)}}$	Удельные энергозатраты $\frac{E_{уд(МКАД)}}{E_{уд(МАЯ)}}$
1	$\frac{614,4}{329}$	$\frac{322}{329}$	2,1	0,05	$\frac{6,14}{6,49}$	$\frac{4,72}{5,75}$
2	$\frac{614,4}{329}$	$\frac{322}{329}$	2,1	0,05	$\frac{4,84}{4,97}$	$\frac{10,81}{12,1}$
3	$\frac{614,4}{329}$	$\frac{322}{329}$	2,1	0,05	$\frac{6,35}{6,42}$	$\frac{5,51}{6,24}$
4	$\frac{614,4}{329}$	$\frac{322}{329}$	2,1	0,05	$\frac{3,98}{3,71}$	$\frac{6,79}{9,66}$
5	$\frac{614,4}{431,2}$	$\frac{418}{431,2}$	3,1	0,05	$\frac{7,56}{7,65}$	$\frac{5,25}{7,89}$

Продолжение таблицы 4

6	$\frac{614,4}{431,2}$	$\frac{418}{431,2}$	3,1	0,05	$\frac{3,59}{3,71}$	$\frac{11,05}{12,94}$
7	$\frac{614,4}{431,2}$	$\frac{418}{431,2}$	3,1	0,05	$\frac{6,20}{6,33}$	$\frac{4,68}{5,90}$
8	$\frac{614,4}{431,2}$	$\frac{418}{431,2}$	3,1	0,05	$\frac{3,65}{3,78}$	$\frac{6,53}{8,21}$
9	$\frac{768}{582,8}$	$\frac{596}{582,8}$	2,2	0,05	$\frac{9,96}{10,06}$	$\frac{7,46}{8,18}$
10	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{2,71}{2,98}$	$\frac{20,66}{20,81}$
11	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{3,84}{3,90}$	$\frac{7,90}{8,46}$
12	$\frac{614,4}{329,7}$	$\frac{322}{327,9}$	2,1	0,05	$\frac{5,98}{5,91}$	$\frac{8,91}{11,88}$
13	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{10,8}{11,1}$	$\frac{4,97}{6,32}$
14	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{6,30}{6,22}$	$\frac{12,54}{13,83}$
15	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{6,87}{6,69}$	$\frac{7,28}{10,62}$
16	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{9,92}{9,95}$	$\frac{7,28}{7,69}$
17	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{6,53}{6,42}$	$\frac{6,32}{8,38}$
18	$\frac{614,4}{329}$	$\frac{322}{329}$	2,1	0,05	$\frac{6,28}{6,13}$	$\frac{11,38}{12,51}$
19	$\frac{614,4}{329}$	$\frac{322}{329}$	2,1	0,05	$\frac{7,36}{7,27}$	$\frac{6,25}{7,79}$
20	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{4,03}{3,88}$	$\frac{12,74}{16,07}$
21	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{475,6}{481,9}$	1,3	0,05	$\frac{4,53}{4,41}$	$\frac{11,62}{13,21}$
22	$\frac{614,4}{431,2}$	$\frac{418}{431,2}$	3,1	0,05	$\frac{3,91}{3,76}$	$\frac{7,0}{9,57}$
23	$\frac{768}{481,9}$	$\frac{418}{431,2}$	3,1	0,05	$\frac{5,94}{6,06}$	$\frac{6,17}{7,98}$

Анализ результатов частот оборотов роторов мельниц системы «МАЯ» и «МКАД» показывает, что относительная их разность не превышает 3,1 %. Поэтому можно с высокой долей уверенности утверждать, что при таких режимах вращения роторов мельниц обеих систем это не может существенно повлиять на протекание режима самоизмельчения, который протекает в мельнице системы «МАЯ», основные закономерности этого процесса установлены в исследованиях А.В. Ягупова, М.В. Гегелашвили и А.В. Выскребенца [18–21].

Проведённая серия экспериментов и анализ полученных результатов позволяют сделать следующие выводы.

1. Возникновение явления «циркуляции» энергии в вертикальной мельнице динамического самоизмельчения связано с выполнением верхней и нижней ветви замкнутого контура с кинематическим несоответствием относительного друг друга. Такой способ передачи потока мощности от приводного двигателя к верхней и нижней части столба измельчаемого материала приводит к скручиванию вала двигателя и накопле-

нию в нём потенциальной энергии, которая является источником дополнительного силового воздействия на разрушаемые в процессе движения частицы измельчаемого материала.

2. Производительность физической модели мельницы системы «МАЯ» в среднем превышает производительность мельницы системы «МКАД» на 4,1 %, что существенно не влияет на способ эвакуации измельчённого продукта из мельниц двух систем и влияет на результаты удельных энергозатрат измельчения.

3. Процесс эвакуации измельчённого до определённого размера частиц материала в пределах установленных диаметров выпускных отверстий, выполненных в боковых стенках вращающегося барабана, существенно не влияет на энергозатраты.

4. Среднее значение снижения удельных энергозатрат в мельнице системы «МКАД» по результатам 23-х опытов полнофакторного эксперимента составило 14,3 %.

5. Во всех 23-х опытах практически путём доказана возможность полезного использования так называемой «циркулирующей, а фактически даровой») энергии, которая позволяет при неизменной производительности обеспечить дополнительное силовое воздействие на частицы измельчаемого материала, что позволит снизить энергозатраты в мельницах, имеющих индифферентную структурную группу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дровников А.Н., Остановский А.А., Маслов Е.В. Классификация вертикальных мельниц динамического самоизмельчения как основа создания измельчительного оборудования нового поколения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2014. № 6. С. 12–17.
2. Дровников А.Н., Остановский А.А. Создание измельчителя динамического самоизмельчения // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. С. 5–6.
3. Дровников А.Н., Остановский А.А. Системы мельниц динамического самоизмельчения контурного типа. Южно-российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017. 183 с.
4. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 560 с.
5. Остановский А.А. Анализ и выбор рациональной структурной схемы вертикальной мельницы динамического самоизмельчения // Известия Высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. С. 66–73.
6. Пат. на изобретение №2465960 Российская Федерация. МПК В02С13/14. Измельчитель динамического самоизмельчения / Дровников А. Н., Остановский А.А., Никитин Е.В., Павлов И.А, Осипенко Л.А., Агафонов Н.А.; Заявка: 2011106231/13, заявл.17.02.2011; Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)", опубл. 10.11 2012 г. Бюл. №31. 5 с.
7. Пат. на изобретение № 2496581 Российская Федерация. МПК В02С13/14. Мельница / Дровников А.Н., Остановский А.А., Маслов Е.В., Бурков Н.В., Романенко Г.Н.; Заявка: 2012124864/13, заявл. 14.06.2012; Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)" (RU), Опубл. 10.11 2012 г. Бюл. №31. 5 с.
8. Пат. на изобретение №2520008 Российская Федерация. МПК В02С13/14. Измельчитель динамического самоизмельчения материала / Дровников А.Н., Остановский А.А., Маслов Е.В., Рыбальченко А.Н.; 2013105689/13; заявл. 11.02.2013; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса" (ФГБОУ ВПО "ЮРГУЭС"), опубл. 20.06 2014 г., Бюл. №17. 4 с.
9. Пат. на изобретение №2526668 Российская Федерация МПК В02С13/14. Устройство для измельчения материала / Дровников А.Н., Остановский А.А. Заявка: 2012149328/13, заявл. 19.11.2012; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса" (ФГБОУ ВПО "ЮРГУЭС") (RU) Опубликовано: 27.08.2014. Бюл. №19. 5 с.
10. Пат. на изобретение №2558205 Российская Федерация МПК В02С13/14. Мельница. Дровников А.Н., Остановский А.А., Никитин Е.В., Маслов Е.В., Городнянский В.М., Черкесов В.Ю.; заявка: 2014110456/13, заявл. 18.03.2014; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный технический университет" (ДГТУ), опубл. 27.07.2015, Бюл. №21. 6 с.
11. А. с. № 651845 (СССР), МПК4 В 02 С13/14. Способ измельчения материала / Ягупов

А.В.; заявитель Северо-Кавказский горно - металлургический институт. - № 2331562; заявл. 09.06 1976, опубл. 15.03. 1979, Бюл. №11. 3 с.

12. Ягупов А.В. Новый способ измельчения руд // Горный журнал. 1976. №11. С.71–73.

13. А.с. № 710632 (СССР), МКИ В 02 С 13/00. Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»/ Ягупов А.В.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт, заявка № 2325134; заявл. 17.02. 1976, опубл. 25.01.1980, Бюл. №3. 4 с.

14. Гегелашвили М.В. Теоретические основы расчёта и конструирования мельниц динамического самоизмельчения. Дисс ... докт. техн. наук, Владикавказ: 2001. 331 С.

15. Кирпичев М. В. Теория размерности и теории подобия. Сборник «Теория подобия и моделирование», изд. АН СССР, 1951 г.

16. Остановский А.А., Маслов Е.В. К определению производительности и удельных энергозатрат в вертикальной мельнице динамического самоизмельчения с силовым замкнутым контуром // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2015. № 3. С. 59–67.

17. Ягупов А.В., Гегелашвили М.В. Некоторые закономерности движения материала в мельнице МАЯ / Сев.- Осет. гос. ун-т Сев-Кавк. горно-

металлург. ин-т. Орджоникидзе. 1984. 16 с Деп. в ЦНИИЭИцветмет. 3.05, 84. №1151-84 Деп.

18. Ягупов А.В., Хетагуров В.Н. Вертикальные мельницы динамического самоизмельчения и результаты их практического применения / Дробильно-размольное оборудование и технология дезинтеграции: Междувед. сб. науч. тр.// «Механообр». Л., 1991.

19. Хетагуров В.Н. Некоторые аспекты механизма разрушения материалов в центробежной мельнице вертикального типа // В юбилейном сборнике трудов, посвященных 50-летию электромеханического факультета и 50-летию научно-педагогической деятельности д.т.н., проф. Колева К.С. Владикавказ, 1995.

20. Гегелашвили М.В., Хетагуров В.Н. К вопросу определения метода разрушения материалов в вертикальной мельнице самоизмельчения // Сб. науч. тр. СКГТУ №7. Владикавказ, 2000. С. 253–256.

21. Вискребенец А.С. Исследование процесса динамического самоизмельчения углеродистых материалов и его промышленное освоение: Дисс... канд. техн. наук, Владикавказ, СКПИИ. 1983. 168 с.

Информация об авторах

Остановский Александр Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент, главный инженер.

E-mail: ostanovskiy51@mail.ru

ООО «Оптимастрой».

Россия, 141130, г. Руза, Московской области, улица Школьная, 28.

Дровников Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы».

E-mail: Aliacrinskiy@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова.

Россия, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

Осипенко Людмила Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн».

E-mail: osipenko@aaanet.ru

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, д. 112.

Маслов Евгений Владимирович, заместитель начальника цеха Новочеркасского электровозостроительного завода (НЭВЗ), соискатель звания кандидат технических наук.

E-mail: E_MASLOV@mail.ru

Россия, 352800, г. Туапсе, Краснодарский край, ул. Красных командиров, 29.

Поступила в июле 2018 г.

© Остановский А.А., Дровников А.Н., Осипенко Л.А., Маслов Е.В., 2018

Ostanovsky A.A., Drovnikov A.N., Osipenko L.A., Maslov E.V.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF VERTICAL MILLERS OF THE DYNAMIC SELF-MISSING OF THE «MAYA» SYSTEM AND «MKAD»

The necessity of conducting a series of experiments on the physical model of the mill of the MAYA system for the determination of energy inputs for grinding marl with an initial particle size $d_{sr} = 30$ mm is substantiated. The procedure for converting the mill of the MKAD system to the physical model of the MAYA dynamic self-grinding mill is shown, which will yield comparable and objective results. The results of experimental studies of the specific power inputs of the mill of the MAYA and MKAD systems obtained on the experimental samples with equal design and regime parameters are presented. The graphs of the dependence of the energy consumption on the kinematic inconsistency of the closed loop branches, the height of the backfilling of the initial material and the diameter of the outlets in the drum of the mills of the compared systems are constructed. The results of specific energy costs for mills of two systems are presented, which show the higher energy efficiency of the mill of the "MKAD" system, the structural scheme of which has an indifferent group. This makes it possible to additionally use the potential energy from the twisting of the shaft of the drive motor for the destruction of the material particles

Keywords: energy efficiency, energy consumption, specific energy consumption, productivity, kinematic mismatch, circulating power, indifferent structural groups.

REFERENCES

1. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A., Maslov E.V. Classification of vertical mills of dynamic self-crushing as basis of creation of the izmelchitelny equipment of new generation. News of higher educational institutions. North Caucasian region, 2014, no. 6, pp. 12–17.
2. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A. Creation of the grinder of dynamic self-crushing. Engineering bulletin of Don, 2012, no. 3, pp. 5–6.
3. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A. Systems of mills of dynamic self-crushing of planimetric type. Southern Russian state polytechnical university (NPI) of M.I. Platov. Novocherkassk: YuRGPU(NPI), 2017, 183 p.
4. Kraynev A.F. The dictionary reference on mechanisms. 2nd prod., reslave. and additional M.: Mechanical engineering, 1987, 560 p.
5. Ostanovsky A.A. Analysis and choice of the rational block diagram of a vertical mill of dynamic self-crushing. News of Higher educational institutions. North Caucasian region. Technical science. P. 66–73.
6. Patent on an invention No. 2465960 the Russian Federation. MPK V02S13/14. Grinder dynamic samoizmelcheniya. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A., Nikitin E.V., Pavlov I.A., Osipenko L.A., Agafonov N.A.; Application: 2011106231/13, for-yavl. 17.02.2011; Patent holder: "Southern Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnical Institute)" public educational institution of higher professional training, publish 10:11 2012 Bulletin no. 31, 5 p.
7. Patent on an invention No. 2496581 the Russian Federation. MPK V02S13/14. Grinding machine Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A., Maslov E.V., Burkov N.V., Romanenko G.N.; Application: 2012124864/13, заявл. 6/14/2012; Patent holder: State educational institution of the highest professional education "Southern Russian state technical university (Novocherkassk polytechnical institute)" (RU), Opubl. 10:11 2012 Bulletin no. 31, 5 p.
8. Patent on an invention No. 2520008 the Russian Federation. MPK V02S13/14. Grinder of dynamic self-crushing Material. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A., Maslov E.V., Rybalchenko A.N.; 2013105689/13; заявл. 11:02. 2013; Patent holder: Federal state-funded educational institution of higher education "Southern Russian state university of economy and service" (FGBOU VPO "YuRGUES"), publish 20:06 2014, Bulletin no. 17, 4 p.
9. Patent on an invention No. 2526668 the Russian Federation MPK V02S13/14. The device for crushing Material. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A. Application: 2012149328/13, заявл. 11/19/2012; Patent holder: The federal state-funded educational institution of higher education "Southern Russian state university of economy and service" (FGBOU VPO of "YuRGUES") Is published (RU): 8/27/2014. Bulletin no. 19, 5 p.
10. Patent on an invention No. 2558205 the Russian Federation MPK V02S13/14. Mill. Drovnikov A.N., Ostanovsky A.A., Nikitin E.V., Maslov E.V., Gorodnyansky V.M., V. Yu. Circassians; application: 2014110456/13, declare 3/18/2014; Patent holder: Federal public budgetary educational institution of the highest professional education "Don state technical university" (DGTU), publish 7/27/2015, Bulletin no. 21, 6 p.
11. A.S. No. 651845 (USSR), MPK4 V 02 C13/14. Way of crushing Material. Yagu-pov A.V.; the applicant North Caucasian it is mountain - metallurgical institute. No. 2331562; declare 09:06 1976, publish 15:03. 1979, Bulletin no. 11, 3 p.
12. Yagupov A.V. New way of crushing of ores. Mountain magazine, 1976, no. 11, pp.71–73.

13. And. with. No. 710632 (USSR), MCI In 02 C 13/00. Mill of dynamic self-crushing "May". Yagupov A.V.; applicant North Caucasian mining and metallurgical institute, application No. 2325134; заявл. 17:02. 1976, publish 1/25/1980, Bulletin no. 3, 4 p.

14. Gegelashvili M.V. Theoretical bases of calculation and designing of mills of dynamic self-crushing. DSc, Vladikavkaz: 2001, 331 p.

15. Kirpichev M.V. Theory of dimension and theory of similarity. Collection "Theory of Similarity and Modelling", prod. Academy of Sciences of the USSR, 1951.

16. Ostanovsky A.A., Maslov E.V. To determination of productivity and specific energy consumption in a vertical mill of dynamic self-crushing with the power closed contour. News of higher educational institutions. North Caucasus region, 2015, no. 3, pp. 59–67.

17. Yagupov A.V., Gegelashvili M.V. Some regularities of a dvikzheniye of material in a mill MAY / Sowing. - Oset. state. un-t Sev-Kavk. mountain metallurgist. in-t. Ordzhonikidze. 1984. 16 p.

Depp. in Tsnieitsvetmet. 3.05, 84. no. 1151–84 Depp.

18. Yagupov A.V., Khetagurov V.N. Vertical mills of dynamic self-crushing and results of their practical application. Crushing размольное equipment and technology of disintegration: Mezhdoved. Mekhanobr. L., 1991.

19. Khetagurov V.N. Some aspects of the mechanism of destruction of materials in a centrifugal mill of vertical type. In the anniversary collection of the works devoted to the 50 anniversary of electromechanical faculty and the 50 anniversary of scientific and pedagogical activity the DSc, the prof. Koleva K.S. Vladikavkaz, 1995.

20. Gegelashvili M.V., Khetagurov V.N. K to a question of definition of a method of destruction of materials in a vertical mill of self-crushing. Collection of scientific works no. 7 SKGTU. Vladikavkaz, 2000, pp. 25–256.

21. Vyskrebets A.S. Research of process of dynamic self-crushing of carbonaceous materials and his industrial development: PhD Vladikavkaz, SKPMI, 1983, 168 p.

Information about the author

Alexander A. Ostanovsky, PhD, Assistant professor, chief engineer.

E-mail: ostanovskiy51@mail.ru

of «Optimumstroy» LLC.

Russia, 141130, city Ruza, Moscow region, st. Shkolnaya, 28.

Alexander N. Drovnikov, DSc, Professor.

E-mail: Aliacrinskiy@mail.ru

The South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov.

Russia, 346428, Novocherkassk, st. Enlightenment, 132.

Lyudmila A. Osipenko, PhD, Assistant professor.

E-mail: osipenko@aaanet.ru

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of Don State Technical University.

Russia, 346500, Chachti of the Rostov region, st. Shevchenko, 112.

Evgeny V. Maslov, Deputy Head of the Novocherkassk Electric Locomotive Plant (NEVZ) workshop.

E-mail: E_MASLOV@mail.ru

Russia, 352800, Tuapse, Krasnodar Region, st. Red commanders, 29.

Received in July 2018

Для цитирования:

Остановский А.А., Дровников А.Н., Осипенко Л.А., Маслов Е.В. Сравнительный анализ энергоэффективности вертикальных мельниц динамического самоизмельчения системы «МАЯ» И «МКАД» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 114–124. DOI: 10.12737/article_5bab4a21f1f347.49352549

For citation:

Ostanovsky A.A., Drovnikov A.N., Osipenko L.A., Maslov E.V. Comparative analysis of the energy efficiency of vertical millers of the dynamic self-missing of the «MAYA» system and «MKAD». Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 114–124. DOI: 10.12737/article_5bab4a21f1f347.49352549

Поляков А.Н., д-р техн. наук, проф.,
Парфёнов И.В., канд. техн. наук, доц.
Оренбургский государственный университет

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СТАНКАХ

На этапе эксплуатации станков с ЧПУ наиболее востребованными являются технологии быстрого моделирования, позволяющие оперативно строить модели, и на основе полученных результатов вносить корректирующие воздействия в работу различных автоматизированных систем, обеспечивающих теплоустойчивость станка. В настоящее время среди исследователей в качестве технологий быстрого моделирования применяют методы имитационного моделирования на основе приложения Simulink среды Matlab. Анализ возможностей интерактивной среды Simulink показал, что тепловая модель станка может быть реализована тремя способами: использованием аналитических решений уравнения теплопроводности; решением системы дифференциальных уравнений встроенными методами Simulink; использованием аппарата передаточных функций. В работе рассмотрен первый из возможных способов построения тепловой модели станка, работающего в условиях переменных тепловых процессов, обусловленных изменяющимися скоростями резания. Особенностью построения тепловых характеристик станка являются условия их согласования на границах, соответствующих сменяющимся частотам вращения шпинделя станка. Особенностью реализации математической модели является использование экспериментального модального анализа. При этом модальные параметры аппроксимирующих функций определялись путем решения задачи оптимизации. Для согласования смежных тепловых характеристик на их границах было принято условие: независимо от количества используемых в модели температурных мод начальный уровень первой моды для следующего режима работы станка принимался равным достигнутому уровню тепловой характеристики станка в последний момент интервала времени текущего режима. Правомерность принятого условия была экспериментально подтверждена малой погрешностью моделирования – менее 5 %. Для практической реализации предложенного подхода представлена новая методика теплового моделирования.

Ключевые слова: тепловые характеристики станка, температурная погрешность, экспериментальный модальный анализ, имитационное моделирование

Введение. Объем выпуска высокоточных деталей в общей номенклатуре готовых изделий современного машиностроительного предприятия неуклонно растет [1]. Анализ тенденций металлообрабатывающих производств показывает, что уже сегодня достижима точность обработки для станков повышенной точности в диапазоне от 1 до 5 мкм. При сохранении текущих тенденций в течение последующих 10–15 лет эксперты прогнозируют для этих же классов точности станков стабильный диапазон точности в пределах от 0,1 до 1 мкм [2].

Высокая точность механообработки неизбежно связана с ростом скоростей резания. Например, при высокоскоростном фрезеровании реализуемая скорость резания при обработке чугуна составляет 50 м/с; при обработке стали – 30 м/с; при обработке алюминиевых сплавов – 100 м/с [3]. Высокие скорости резания сопровождаются большими частотами вращения шпинделя. Для современных обрабатывающих центров типовыми являются частоты вращения шпинделя в диапазоне от 10000 до 30000 об/мин, при которых актуальными становятся вопросы температурной погрешности [4]. В реальных условиях обработки на современных станках с

ЧПУ фактическая температурная погрешность может превышать 60 мкм [4]. Достижение предельной точности обработки реализуемо только за счет минимизации влияния всех возникающих при резании факторов.

Актуальность моделирования тепловых процессов в станках. По мнению экспертов станкостроения, прогресс в обеспечении точности обработки во многом определяется существующими методами моделирования [2]. Эффективность методов моделирования, используемых для оценки точности обработки, базируется на установленных взаимосвязях между конструкторско-технологическими входными параметрами и выходными параметрами точности станка или технологической системы (в широком смысле).

Моделирование осуществляется на различных этапах жизненного цикла станка. Важнейшими являются этапы проектирования, изготовления и эксплуатации. Эффективность созданной конструкции во многом определяется принятыми решениями на ранних этапах проектирования станка. Сегодняшний этап проектирования оптимальных конструкций – это 3D-моделирование и инженерный анализ несущей системы станка [5,

6, 7]. На этапах изготовления и эксплуатации практически для любого станка выявляются недостатки, для ликвидации которых наряду с экспериментальными исследованиями строятся математические и компьютерные модели. На этом этапе принципиальную роль играют методы обработки экспериментальных данных, представленные регрессионным анализом и экспериментальным модальным анализом, а также методы искусственного интеллекта [7–14].

При тепловом моделировании станков приходится решать задачи из различных областей математики и физики. На производстве, в условиях реализации цифровой экономики, актуальной является методология компьютерного моделирования, которая объединяет методы из различных областей знаний, характеризующих высшей степенью формализации. При этом практика эксплуатации оборудования показывает, что на этом этапе наиболее востребованными являются технологии быстрого моделирования, позволяющие оперативно строить модели, и на основе полученных результатов вносить корректирующие воздействия в работу различных автоматизированных систем, обеспечивающих теплоустойчивость станка.

В качестве таких технологий быстрого моделирования большую популярность среди исследователей в области теплового моделирования начинают набирать методы имитационного моделирования на основе приложения Simulink среды Matlab [15, 16].

Метод моделирования. Анализ возможностей интерактивной среды Simulink показал, что технология быстрого моделирования может быть реализована тремя способами: использованием аналитических решений уравнения теплопроводности; решением системы дифференциальных уравнений встроенными методами Simulink; использованием аппарата передаточных функций.

Каждый из данных способов при всей кажущейся простоте реализации приводит к необходимости разработки самостоятельной методики. Поэтому в данной работе будет рассмотрена только одна методика построения тепловой модели температурной погрешности станка на основе аналитических решений уравнения теплопроводности.

Особую актуальность технологии быстрого моделирования имеют при построении тепловых характеристик станка, работающего в условиях переменных тепловых процессов, обусловленных изменяющимися скоростями резания. Особенностью построения таких тепловых характеристик являются условия согласования на границах тепловых характеристик, соответствующих сменяющимся частотам вращения шпинделя

станка. Сложность согласования обусловлена тем, что в одной точке (во времени) сходятся решения двух параметрически различающихся тепловых процессов [17].

Ниже приведено построение температурной характеристики тремя способами для станка, работающего по схеме: 250 об/мин – 10 минут; 1000 об/мин – 40 минут; 3000 об/мин – 40 минут; 5000 об/мин – 40 минут; 3000 об/мин – 40 минут; 1000 об/мин – 120 минут.

Реализация данного способа моделирования основывается на использовании экспериментального модального анализа [8, 18], когда тепловая характеристика может быть представлена в виде:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^m \left(x_{1i} \cdot (1 - e^{-t/x_{2i}}) + x_{3i} \cdot e^{-t/x_{2i}} \right) \quad (1)$$

где x_{1i} – модальная амплитуда; x_{2i} – модальная тепловая постоянная времени, мин; x_{3i} – начальный уровень моды; m – количество температурных мод, t – время.

Ввиду высокой степени корреляции температур и температурных перемещений уравнение (1) применимо для описания как теплового, так и термдеформационного поведения станка, изменяющегося во времени. Поэтому размерности модальной амплитуды x_{1i} и начального уровня моды x_{3i} определяются выбранным назначением уравнения (1).

Для согласования смежных тепловых характеристик на их границах принимается условие: независимо от количества используемых в модели температурных мод начальный уровень первой моды для следующего режима работы станка и, соответственно, следующей смежной тепловой характеристики, принимается равным достигнутому уровню тепловой характеристики станка в последний момент интервала времени текущего режима.

Например, рассматривая два смежных интервала работы станка $[0, t_1]$ и $[t_1, t_2]$ с различающимися частотами вращения шпинделя n_1 и n_2 , для второго интервала времени уравнение (1) примет вид:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^m \left(x_{1i}^2 \cdot (1 - e^{-t/x_{2i}^2}) + Y(t_1) \cdot e^{-t/x_{2i}^2} \right),$$

$$Y(t_1) = \sum_{i=1}^m \left(x_{1i}^1 \cdot (1 - e^{-t_1/x_{2i}^1}) + x_{3i}^1 \cdot e^{-t_1/x_{2i}^1} \right),$$

$$t \in [t_1, t_2] \quad (2)$$

В уравнении (2) надстрочные индексы соответствуют номерам интервалов работы станка с

различающимися частотами вращения шпинделя. Например, X_{1i}^2 , X_{1i}^1 – модальная амплитуда на втором и первом соответствующих интервалах работы станка.

При создании модели в SIMULINK для описания сложного режима работы станка необходим следующий набор базовых компонентов: блоков источников симуляции; блоков функций, определяемых пользователем для задания типовых уравнений (1) и (2); блоков математических и логических операций, подсистем и переключателей; блоков представления результатов моделирования.

Модель в среде Simulink в качестве источника сигнала времени использует блок Clock. Тепловые характеристики представлены блоками задания функции Fcp, в которых реализуются уравнения (1) и (2). Модальные параметры x_{1i} , x_{2i} и x_{3i} определяются методами экспериментального модального анализа, в основе которого лежит решение задачи оптимизации для целевой функции

$$J(n, t, x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{12}, x_{22}, x_{32}, \dots, x_{1m}, x_{2m}, x_{3m}).$$

Целевая функция

$$J(n, t, x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{12}, x_{22}, x_{32}, \dots, x_{1m}, x_{2m}, x_{3m})$$

имеет вид:

$$J(n, \dots) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (Y_s(t_k) - Y(t_k))^2} \quad (3)$$

где $Y_s(t_k)$, $Y(t_k)$ – экспериментальные (измеренные) и расчетные значения функции Y в фиксированные моменты времени t_k .

Задача оптимизации формулируется следующим образом:

$$\min J(n, t, x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{12}, x_{22}, x_{32}, \dots, x_{1m}, x_{2m}, x_{3m}) \rightarrow 0$$

$$x_{1i}, x_{2i}, x_{3i} \in X_{onm}, i = 1, m \quad (4)$$

При заданных параметрических ограничениях для модальных параметров:

$$x_{1i, \min} \leq x_{1i} \leq x_{1i, \max}; x_{2i, \min} \leq x_{2i} \leq x_{2i, \max};$$

$$x_{3i, \min} \leq x_{3i} \leq x_{3i, \max}; i = 1, m \quad (5)$$

Особенностью решения задачи оптимизации (4), (5) является не только выбор начальной точки оптимизации путем задания некоторых фиксированных значений модальных параметров, но и формирование предельных значений в системе

ограничений (5). Конкретные значения задаются исходя из накопленного опыта экспериментальных тепловых исследований станков рассматриваемого типоразмера. Это обусловлено наличием сильной корреляцией модальных параметров с теплоемкостью станка.

Сложный режим работы станка задается блоками Switch Case и Switch Case Action. В блоке Switch Case формируется временная последовательность вида:

$$<[0, t_1], [t_{j-1}, t_j], \dots, [t_{n-1}, t_n]> \quad (6)$$

где t_j , t_n – соответствующие интервальные значения времени и время завершения работы станка, в рассматриваемом варианте это 290 мин.

Итоговая тепловая модель станка, в ходе симуляции которой строится тепловая характеристика, представлена на рисунке 1.

В модели предусмотрены близкие по написанию обозначения для блоков функций Fcp, например, Fcp_3000 и Fcp_3000_2. В первом случае это означает формирование аппроксимирующей функции Y при работе станка на 3000 об/мин после частоты 1000 об/мин. В блоке Fcp_3000_2 опять формируется аппроксимирующая функция для тепловой характеристики при работе станка на 3000 об/мин после частоты 5000 об/мин.

Эксперимент и обсуждение результатов моделирования. Натурный эксперимент проводился на фрезерно-расточном станке 400V (производитель ООО «НПО «Станкостроение», г. Стерлитамак).

На рисунке 2 представлены две кривые. Кривая 1 – это экспериментальная тепловая характеристика, полученная для избыточной температуры, измеренной термодатчиком, установленным вблизи передней опоры шпиндельного узла. Использование показаний именно этого датчика объясняется сильной корреляционной связью между фиксируемыми им значениями температуры и экспериментальными значениями температурных перемещений. Кривая 2 – это тепловая характеристика, полученная с использованием математической модели (1) – (5) и структурной схемы модели, представленной на рис. 1.

Максимальная погрешность моделирования не превысила 5 %. В данном случае экспериментальная тепловая характеристика построена по усредненным значениям при относительно небольшом разбросе температуры окружающей среды в пределах 2 °С.

Методика моделирования. Для практической реализации математической модели и структурной схемы тепловой модели была разработана методика теплового моделирования,

включающая девять этапов, представленных девятью блоками (рис. 3). Цель методики – создать формализованную последовательность этапов разработки тепловой модели инвариантной к компоновке станка.

На первом этапе осуществляется постановка задачи моделирования, заключающаяся в формировании тестовой циклограммы работы станка

(блок 1). В общем случае можно сформировать несколько циклограмм. На этом этапе не только описываются циклограммы в виде последовательности (6), но и проводится натурный эксперимент, в ходе которого формируется экспериментальная тепловая характеристика по типу 1 (рис. 2).

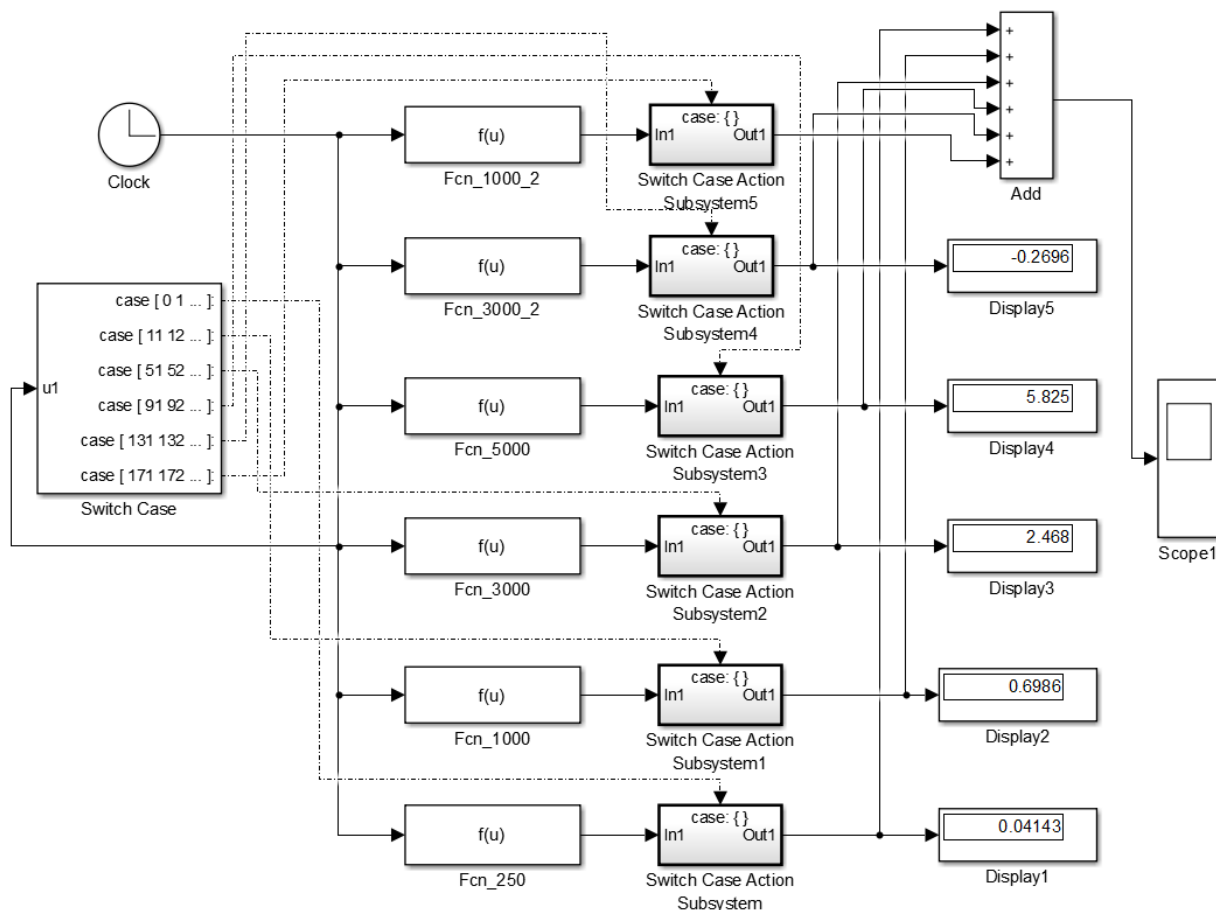


Рис. 1. Модель формирования тепловой характеристики станка

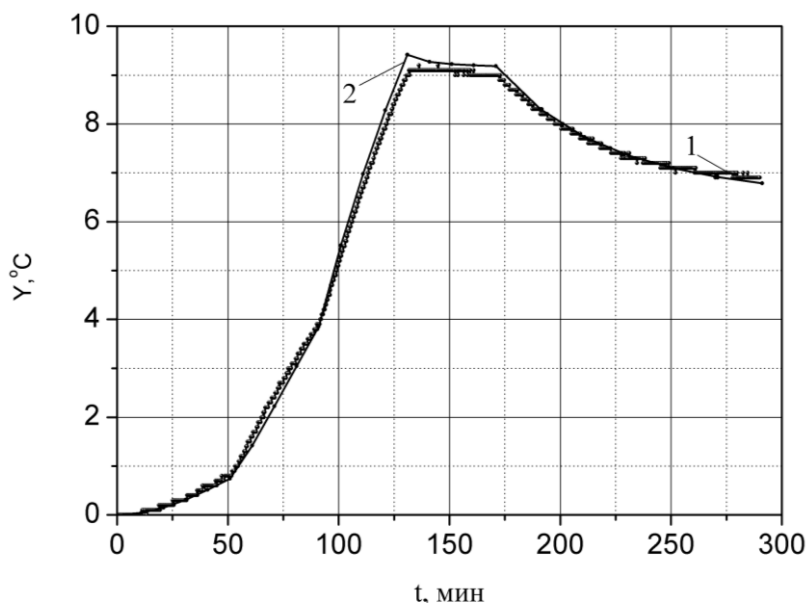


Рис. 2. Экспериментальная (1) и расчетная (2) тепловые характеристики

На втором этапе (блок 2) формируются экспериментальные тепловые характеристики для фиксированных частот вращения шпинделя. В зависимости от требуемой точности моделирования для промежуточных значений частот вращения тепловые характеристики могут быть получены с использованием интерполирующих функций.

На третьем этапе (блок 3) осуществляется построение аппроксимирующих функций вида (1) и (2) с использованием решения задачи оптимизации в постановке (3) – (5). В качестве метода оптимизации для решения подобного класса задач наибольшую эффективность показал метод последовательного квадратичного программирования (Sequential quadratic programming).

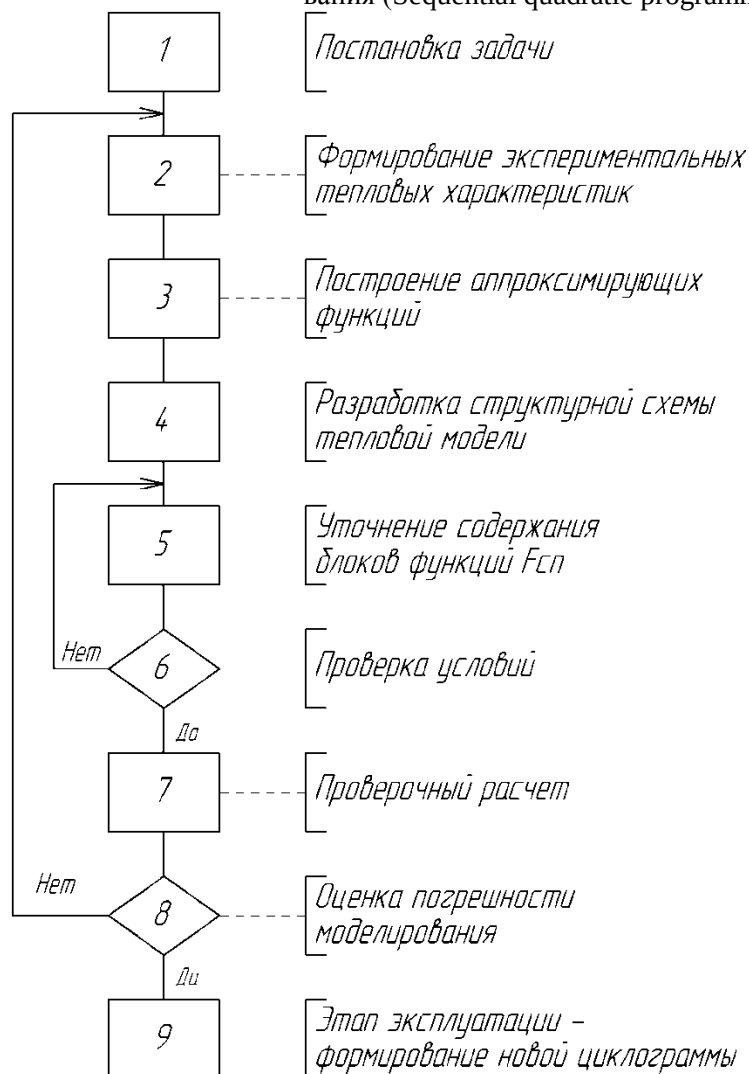


Рис. 3 Схема методики теплового моделирования

На четвертом этапе осуществляется разработка структурной схемы тепловой модели (рис. 1). Практической особенностью реализации схемы является формализация циклограммы в блоке-компоненте Switch Case. Число блоков $F_{сп}$ и порядок их следования определяется циклограммой работы станка.

Для реализации пятого этапа (блок 5) обязательно использование блоков-компонентов Display. Выводимые на них данные соответствуют граничным избыточным значениям искомой функции $Y(t)$ для каждой смены частоты вращения. Использование этих данных позволяет согласовать значения функции $Y(t)$ при смене частот в соответствии с уравнением (2).

В шестом блоке выполняется проверка условия сформированности тепловой модели станка. Это объясняется итерационным и последовательным характером формирования полной тепловой модели для циклограммы. Например, на первой итерации симуляции тепловой модели формируется значение искомой функции $Y(t)$, выводимое в блоке Display1 (рис.1); на второй итерации значение выводится в блоке Display2 и так далее.

На седьмом этапе (блок 7) осуществляется проверочный расчет и строится модельная тепловая характеристика по типу 2 (рис.2).

Для принятия решения о завершении настройки модели осуществляется переход к

блоку 8, в котором оценивается погрешности моделирования ε :

$$|Y_9(t_k) - Y(t_k)| \leq \varepsilon \quad (7)$$

Принимая некоторое наперед заданное число ε , можно определить качество тепловой модели. При несоблюдении условия (7) выполняется переход в начало схемы, к блоку 2. Это означает, что экспериментальные тепловые характеристики, полученные на втором этапе, были сформированы при существенно различающихся исходных данных, например, при температуре окружающей среды.

Добившись требуемой точности моделирования, можно сформировать окончательную модель для уравнений (1) и (2) и перейти к этапу её эксплуатации – блоку 9. В этом блоке формируется тепловая модель станка, позволяющая построить его тепловую характеристику для сложного режима работы.

Выводы. В работе представлен один из возможных способов построения имитационной тепловой модели станка на этапе эксплуатации. Использование аналитических решений уравнения теплопроводности позволило применить интерактивную систему анализа динамических систем Simulink. Ее использование позволяет эффективно проводить исследование тепловых характеристик станка, работающих в сложных режимах работы. Особенностью реализации математической модели является использование экспериментального модального анализа и принятое условие согласования смежных тепловых характеристик на их границах, правомерность принятия которого была экспериментально доказана малой погрешностью моделирования (менее 5 %).

Для практической реализации предложенного подхода в тепловом моделировании станков была представлена новая методика теплового моделирования.

Полученная в ходе имитационного моделирования тепловая характеристика для сложного режима работы станка может быть использована не только в качестве оценки возможной температурной погрешности, но и в качестве расчетных компенсирующих воздействий, задаваемых для рабочих органов станка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chen W., Luo X., Su H., Wardle F. An integrated system for ultra-precision machine tool design in conceptual and fundamental design stage // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2016. Vol. 84 (Issue 5-8). Pp. 1177-1183.
2. Bushuev V.V., Kuznetsov A.P., Khomyakov V. S., Molodtsov V. V. Precision and Efficiency of Metal-Cutting Machines // *Russian Engineering Research*. 2016. Vol. 36. No. 9. Pp. 762–773.
3. Bushuev V.V., Kuznetsov A.P., Sabirov F. S., Khomyakov V. S., Molodtsov V.V. Trends in Research on Metal-Cutting Machines // *Russian Engineering Research*. 2016. Vol. 36. No. 6. Pp. 488–495.
4. Lin Z. C., Chang J.S. The building of spindle thermal displacement model of high speed machine center // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2007. Vol. 34 (Issue 5-6). Pp. 556–566.
5. Zhang J., Feng P., Chen C., Yu D., Wu Z. A method for thermal performance modeling and simulation of machine tools // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2013. Vol. 68 (Issue 5-8). Pp.1517–1527.
6. Zhu J., Ni J., Shih A. Robust Machine Tool Thermal Error Modeling Through Thermal Mode Concept // *ASME. Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 2008. Vol. 130. (Issue 6). Pp. 286–296.
7. A review on spindle thermal error compensation in machine tools // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2015. Vol. 95. Pp. 20–38.
8. Mareš M., Horejš O. Modelling of Cutting Process Impact on Machine Tool Thermal Behaviour Based on Experimental Data // *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 58. Pp. 152–157.
9. Guo Q., Yang J., Wu H. Application of ACO-BPN to thermal error modeling of NC machine tool // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2010. Vol. 50. (Issue 5-8). Pp. 667–675. DOI 10.1007/s00170-010-2520-y
11. Guo Q., Xui R., Yang T., He L., Cheng X., Li Z., Yang JG. Application of GRAM and AF-SACA-BPN to thermal error optimization modeling of CNC machine tools// *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2016. Vol.83. (Issue 5-8). Pp. 995–1002.
12. Zhong G., Xu J., Jinling T., Lifei Z. Optimization Design of the Structure for Miniature Engraving Machine based on Orthogonal Experiment and Grey Correlation Analysis // *Global Journal of Technology & Optimization*. 2016. Vol. 7 (Issue 1): DOI: 10.4172/2229-8711.1000188
13. Поляков А.Н., Гончаров А.Н. Автоматизированная система коррекции температурной погрешности станков с ЧПУ // *Справочник. Инженерный журнал с приложением*. 2016. №2 (227). С. 33–41.
14. Тугенгольд А.К., Волошин Р.Н., Ющенко С.В. Мониторинг состояния многооперационных станков на базе концепции e-Mind Machine //

Вестник Донского государственного технического университета. 2016. №1(83). С. 77–86.

15. Zhang C., Gao F., Yan L., Thermal error characteristic analysis and modeling for machine tools due to time-varying environmental temperature // Precision Engineering. 2017. Vol. 47. Pp. 231–238.

16. Suzumura F., Makihara H., Ohtani K., Ikeda M., Fukushima C., Katayama G. Thermal De-

formation Prediction in Machine Tool Model by Using Transfer Functions with Time Delay // Advanced Materials Research. 2011. Vol. 189–193. Pp. 4064–4067.

17. Поляков А.Н., Марусич К.В., Гончаров А.Н. Построение прогнозных моделей тепловых характеристик станков для повторно-кратковременных режимов работы // Справочник. Инженерный журнал. 2013. №1 (190). С.17–23.

Информация об авторах

Поляков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов.

E-mail: anp_temos@mail.ru

Оренбургский государственный университет.

460026, Российская Федерация, Оренбург, проспект Победы, 13.

Парфёнов Игорь Валентинович, кандидат технических наук, доцент, декан факультета дистанционных образовательных технологий (ФДОТ).

E-mail: ivparfenov@mail.ru

Оренбургский государственный университет.

460026, Российская Федерация, Оренбург, проспект Победы, 13.

Поступила в июле 2018 г.

© Поляков А.Н., Парфёнов И.В., 2018

Polyakov A.N., Parfenov I.V.

SIMULATION MODELING OF THERMAL PROCESSES IN MACHINE TOOLS

The practice of equipment operation shows that during the operation phase of CNC machines the fastest modeling technologies are most in demand, allowing to build models quickly and on the basis of the results obtained, to make corrective actions in the work of various automated systems that ensure the heat resistance of the machine. Currently, the popularity among researchers as technologies for rapid modeling is beginning to recruit simulation methods based on the Simulink application of the Matlab. Analysis of the possibilities of the interactive environment of Simulink showed that the thermal model of the machine can be realized in three ways: using analytical solutions of the heat equation; solving the system of differential equations by the built-in methods of Simulink; using the apparatus of transfer functions. The paper considers the first possible way of constructing a thermal model of a machine working in conditions of variable thermal processes caused by varying cutting speeds. A feature of the construction of the thermal characteristics of the machine are the conditions for their matching at the boundaries corresponding to the changing speeds of the spindle of the machine. A feature of the implementation of the mathematical model is the use of experimental modal analysis. The modal parameters of the approximating functions were determined by solving the optimization problem. To reconcile adjacent thermal characteristics at their boundaries, a hypothetical condition was adopted: regardless of the number of temperature modes used in the model, the initial level of the first mode for the next operating mode of the machine was assumed to be equal to the achieved level of the thermal characteristic of the current mode of operation of the machine at the last moment of the time interval of the current mode. The validity of the accepted condition was experimentally confirmed by a small modeling error of less than 5 %. For practical implementation of the proposed approach, a new method of thermal modeling was presented.

Keywords: thermal characteristics of the machine tool, temperature error, experimental modal analysis, simulation modeling

REFERENCES

1. Chen W., Luo X., Su H., Wardle F. An integrated system for ultra-precision machine tool design in conceptual and fundamental design stage. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, vol. 84, issue 5-8, pp. 1177–1183.
2. Bushuev V.V., Kuznetsov A.P., Khomyakov V.S., Molodtsov V.V. Precision and Efficiency of

Metal-Cutting Machines. Russian Engineering Research, 2016, vol. 36, no. 9, pp. 762–773.

3. Bushuev V.V., Kuznetsov A.P., Sabirov F.S., Khomyakov V.S., Molodtsov V.V. Trends in Research on Metal-Cutting Machines. Russian Engineering Research, 2016, vol. 36, no. 6, pp. 488–495.

4. Lin Z.C., Chang J.S. The building of spindle thermal displacement model of high speed machine

center. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, vol. 34, issue 5-6, pp. 556–566.

5. Zhang J., Feng P., Chen C., Yu D., Wu Z. A method for thermal performance modeling and simulation of machine tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2013, vol. 68, issue 5-8, pp. 1517–1527.

6. Zhu J., Ni J., Shih A. Robust Machine Tool Thermal Error Modeling Through Thermal Mode Concept. ASME. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2008, vol. 130, issue 6, pp. 286–296.

7. A review on spindle thermal error compensation in machine tools. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2015, vol. 95, pp. 20–38.

8. Mareš M., Horejš O. Modelling of Cutting Process Impact on Machine Tool Thermal Behaviour Based on Experimental Data. Procedia CIRP, 2017, vol. 58, pp. 152–157.

9. Guo Q., Yang J., Wu H. Application of ACO-BPN to thermal error modeling of NC machine tool. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, vol. 50, issue 5-8, pp. 667–675. DOI 10.1007/s00170-010-2520-y

11. Guo Q., Xui R., Yang T., He L., Cheng X., Li Z., Yang J.G. Application of GRAM and AF-SACA-BPN to thermal error optimization modeling of CNC machine tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, vol. 83, issue 5-8, pp. 995–1002.

Information about the author

Aleksandr N. Polyakov, DSc, Professor.

E-mail: anp_temos@mail.ru

Orenburg State University.

Russia, 460026, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Igor' V. Parfenov, PhD, Assistant professor.

E-mail: ivparfenov@mail.ru.

Orenburg State University.

Russia, 460026, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Received in July 2018

Для цитирования:

Поляков А.Н., Парфёнов И.В. Имитационное моделирование тепловых процессов в станках // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 125–132. DOI: 10.12737/article_5bab4a22b472c2.80360204

For citation:

Polyakov A.N., Parfenov I.V. Simulation modeling of thermal processes in machine tools. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 125–132. DOI: 10.12737/article_5bab4a22b472c2.80360204

12. Zhong G., Xu J., Jinling T., Lifei Z. Optimization Design of the Structure for Miniature Engraving Machine based on Orthogonal Experiment and Grey Correlation Analysis. Global Journal of Technology & Optimization, 2016, vol. 7, issue 1, DOI: 10.4172/2229-8711.1000188

13. Polyakov A.N., Goncharov A.N. Automated correction system of a temperature error of the CNC machine tool. Handbook. An Engineering journal with appendix, 2016, no. 2 (227), pp. 33–41.

14. Tugengold A.K., Voloshin R.N., Yushchenko S.V. Monitoring of multioperational machines based on the concept e-Mind Machine. Vestnik of Don State Technical University, 2016, no. 1(83), pp. 77–86.

15. Zhang C., Gao F., Yan L., Thermal error characteristic analysis and modeling for machine tools due to time-varying environmental temperature. Precision Engineering, 2017, vol. 47, pp. 231–238.

16. Suzumura F., Makihara H., Ohtani K., Ikeda M., Fukushima C., Katayama G. Thermal Deformation Prediction in Machine Tool Model by Using Transfer Functions with Time Delay. Advanced Materials Research, 2011, vol. 189–193. pp. 4064–4067.

17. Polyakov A.N., Marusich K.V., Goncharov A.N. Building a forecast model of heat of Characteristic machine for intermittent running work. Handbook. An Engineering journal with appendix, 2013, no. 1(190), pp. 17–23.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/article_5bab4a247a6414.07160502

*Мебадури З.А., канд. экон. наук, доц.,**Учаева Т.В., канд. экон. наук, доц.,**Бурлаков Д.А., магистрант**Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В статье раскрываются понятия качества продукции и его влияние на конкурентоспособность всей строительной отрасли. Самые современные научные подходы, принципы, методы и модели управления строительной организацией в целом сводятся к одному тезису: без совершенствования управления качеством продукции, невозможно эффективно конкурировать с другими строительными компаниями. В кризисных условиях строительные компании должны находить самые оптимальные пути управления своей деятельностью. Проведен анализ работ по оценке конкурентоспособности строительной организации. Делается вывод, что все современные исследователи строительного рынка сходятся на том, что высокая конкурентоспособность строительной организации сегодня не возможна при повышенном качестве продукции и прямой ориентации на потребности потенциальных покупателей. Выделяются перспективные пути повышения экономической эффективности управления качеством строительной продукции. Один из основных рычагов увеличения качества строительной продукции – повышение заработной платы коллективу в соответствии с качеством выполнения работы за счёт собственного фонда экономического стимулирования. Ещё один важный рычаг стимулирования качества продукции – её цена, которая зависит от себестоимости продукции, потребительских свойств, соотношения спроса и предложения. Третье направление, это оптимально управление затратами предприятия. Также авторы статьи предлагают оценивать уровень качества строительной продукции при учёте комплекса технических, социально-экономических, организационных и иных показателей. Сделан вывод о том, что только прогрессивное конкурентное поведение позволяет строительной компании не только продолжать, но и расширять производство. Продукция организации, где на всех этапах производства налажена эффективная система управления её качеством, всегда будет конкурентоспособной.

Ключевые слова: конкурентоспособность, качество продукции, факторы совокупной оценки, рычаги стимулирования, планирование затрат, факторы издержек производства.

Введение. Экономические процессы неизменно влияют на строительную отрасль. В кризисных условиях снижается курс национальной валюты, свертываются инвестиции, ограничивается производство стройматериалов, что приводит к нестабильности на рынке. Уменьшение платежеспособности потенциальных покупателей квартир и домов ведёт к тому, что компании вынуждены замораживать строительные объекты, сокращать численность персонала.

Основная часть. Строительные компании, чтобы оставаться конкурентоспособными в такие периоды, вынуждены искать прогрессивные пути управления своей деятельностью. Самые современные научные подходы, принципы, методы и модели управления строительной организацией в целом сводятся к единому тезису: без улучшения управления качеством выпуска продукции эффективное повышение конкурентоспособности строительной компании невозможно. Одним словом, на любом региональном рынке строительных объектов значительно превосходит своих

конкурентов по масштабам строительства, инвестирования и доходов та организация, которая находит идеальный баланс между затратами на производства объектов и их качеством [1].

Удержание строительной компанией позиций на рынке и её развитие возможно при следовании одной из моделей конкурентного поведения:

1) Гарантирующее поведение основывается на стабилизации позиций на рынке, когда производственная и коммерческая программа в целом не изменяется, а выгоды для потребителя строительного объекта основываются на повышении качества продукции, изменения ассортимента жилья, на предложении компанией дополнительных услуг.

2) Приспособленческое конкурентное поведение результативно в случае, когда неуверенный в своём инновационном потенциале производитель старается модернизировать идеи конкурентов или предупредить их совершенствования.

В этом случае объект строительства с улучшенными качествами более привлекателен для потребителя.

3) Креативное поведение направлено на изменение существующей ситуации спроса-предложения с помощью существенных модернизаций производства и технологий, выпуском новой продукции и т.п. Принципиально новые компоненты рыночных отношений могут обеспечить строительной организации крепкие лидерские позиции в данной сфере [2].

В этом ключе мы можем говорить о существенных положительных сторонах конкуренции в строительном бизнесе:

- постоянный поиск новых производственных возможностей;
- разработка и продвижение новых форм управления качеством выпуска продукции строительной организации;
- совершенствование строительных технологий, материалов и техники;
- стимулирование повышения качества строительных объектов при использовании современных технологий снижения затрат на производство и снижение конечной стоимости этих объектов [3].

Оценка конкурентоспособности строительной организации в отечественной экономической науке может зависеть от разных подходов.

Профессора П.Л. Яичников и Х.М. Гумба используют коэффициент конкурентоспособности, определяемый процентом выигранных тендеров в общем числе тендеров, в которых организация участвует [4].

Иной подход к определению общего показателя конкурентоспособности строительной фирмы предлагается Г. Н. Лапиным. Здесь самые важные факторы совокупной оценки: степень обеспеченности компании собственными оборотными средствами, балансовая прибыль, величина себестоимости объектов, квалификация рабочих, эффективность производительности труда [5].

Но все современные исследователи строительного рынка сходятся на том, что высокая конкурентоспособность строительной организации сегодня возможна при повышенном качестве продукции и прямой ориентации на потребности потенциальных покупателей. Важно производить строительные объекты быстрее и в больших объёмах, но следуя инновационной политике предприятия, позволяющей при минимально возможных затратах улучшать условия труда и правильно распределять ресурсы, в том числе человеческие.

Такая система управления качеством строительной продукции помогает более эффективно

достигать конечный результат строительства, выраженный в получении максимальной прибыли.

Один из основных рычагов увеличения качества строительной продукции – повышение заработной платы коллективу в соответствии с качеством выполнения работы за счёт собственного фонда экономического стимулирования. Причём, оцениваться и соответственно оплачиваться должна качественная работа на всех промежуточных и на конечном этапе строительства [6].

Ещё один важный рычаг стимулирования качества продукции – её цена, которая зависит от себестоимости продукции, потребительских свойств, соотношения спроса и предложения. Конкурентоспособность строительной продукции прямо пропорциональна её качеству, но обратна пропорциональна цене. Управление конкурентоспособностью возможно при обеспечении оптимального соотношения качества и цены. Обеспечить относительно низкую себестоимость продукции можно только снижая издержки производства, управляя затратами, но не снижая характеристики качества строительных объектов.

Оптимальное управление затратами невозможно без их точного планирования и учёта. Экономический анализ на предприятии позволяет выявлять резервы повышения эффективности производства товаров улучшенного качества. План затрат на каждый вид продукции должен соответствовать объёмам спроса и покупательской способности потенциальных покупателей недвижимости. Оптимальная последовательность планирования затрат:

- сегментирование спроса согласно покупательской способности заказчиков проектов;
- анализ полученных показателей по всем видам заказчиков, которые компенсируют затраты на строительство объектов соответствующего качества;
- расчет прибыли от осуществления всех типов подрядных проектов;
- определение объёмов выпуска продукции разного качества, позволяющих получать наибольшую прибыль;
- постоянное изучение спроса потребителей, продиктованного определёнными потребительскими свойствами строительных объектов с целью корректировки проектов и формирования планов реализации строительной продукции [7].

Объективная оценка уровня качества строительной продукции возможна только при учёте комплекса технических, социально-экономических, организационных и иных показателей.

Для оценки управления качеством строительной продукции важно определять факторы издержек производства:

- стоимость строительных материалов, изделий и конструкций в соотношении с их качеством;

- стоимость энергоресурсов;

- квалификация рабочих и уровень производительности;

- уровень заработной платы и др.

Объективная оценка уровня качества строительной продукции возможна при комплексном методе оценки, но при раскрытии каждого базового показателя.

В данном случае уровень качества выявляется связью обобщенного показателя качества продукции $Q_{об}$ и эталонного обобщенного показателя базового образца $Q_{обр}$:

$$K_i = (Q_{об}/Q_{обр}) q_i, \quad (1)$$

q_i – весовое значение объекта оценки в целом объеме СМР.

Таким образом, оптимизация уровня качества продукции происходит в двух случаях:

1) Когда при данных затратах на проект является лучшее значение обобщенного показателя качества - критерий оптимизации, характеризующий максимальный эффект от эксплуатации объекта строительства.

2) Когда затраты на подрядный проект становятся меньше при данном показателе качества. При этом показатель качества будет ограничивать показатель затрат.

То есть оптимальное управление качеством продукции подразумевает минимизацию затрат и издержек ровно до той степени, до которой это возможно без потери характеристик качества. На практике бывает совсем наоборот. Но та компания, которая находит баланс между качеством и затратами, проявляет прогрессивную конкурентоспособность. Ведь в случае такой оптимизации процессов производства есть возможность предлагать конкурентоспособную качественную продукцию потребителю по более низкой конечной стоимости и при этом получать хорошую прибыль и развивать производство [8].

Среди главных перспективных путей повышения экономической эффективности управления качеством строительной продукции следует выделить [9]:

1) Снижение затрат на устранение дефектов изготавливаемой промежуточной продукции за счёт своевременного обнаружения отклонений в выполнении работ от проектных значений:

$$\Delta_d = Z_1 - Z_2, \quad (2)$$

где Z_1 и Z_2 – затраты на исправление дефектов до и после внедрения системы регулирования качества.

Если эта составляющая эффекта негативна ($\Delta_d < 0$), значит в системе управления плохо организован текущий контроль качества продукции.

1) Минимизация потерь от выявления брака конечной продукции:

$$\Pi = \frac{A \cdot B \cdot (\Pi_1 - \Pi_2)}{100}, \quad (3)$$

где A – количество объектов строительства за отчётный период; B – уменьшение общего процента объектов пониженного качества, чем было запланировано; Π_1 и Π_2 – соотношение стоимости продажи очень качественного и уценённого продукта.

Здесь главная задача системы управления качеством – снижение потерь до минимума, когда $\Pi \rightarrow 0$ при увеличении продажной цены объектов $\Pi_2 \rightarrow \Pi_1$. В последнем случае эффективность станет определяться по другой формуле:

$$\Delta_{\Pi} = \frac{\Delta_{\text{эт}} - \Pi}{\Delta_{\text{эт}}} \quad \Delta_{\text{эт}} = \frac{A \cdot \Pi_1}{100}, \quad (4)$$

$\Delta_{\text{эт}}$ – экономическая эффективность, которую получает строительная организация при сдаче объектов в объёме 100% в соотношении с качеством проектным.

2) Понижение стоимости контроля продуктов производства за счёт более результативных методов контроля:

$$\Delta_k = (C_1 - C_2) r_4, \quad (5)$$

где C_1 и C_2 – стоимость контроля до реализации системы управления качеством и после неё; r_4 – показатель постоянства процессов по отношению к случайным и систематически возникающим погрешностям.

3) Предотвращение поступления в производство некачественных и бракованных материалов и конструкций:

$$\Delta_n = A_{бр} \cdot \frac{A \cdot \Pi \cdot K}{A_{пост}}, \quad (6)$$

где $A_{бр}$ – объём некачественных и бракованных материалов и конструкций в ценовом выражении за отчётный период; $A_{пост}$ – общий объём поступивших материалов и конструкций в ценовом выражении за данный период; Π – цена продажи качественной конечной продукции; K – показатель потерь при возведении каждого некачественного строительного объекта по причине использования некачественных и бракованных материалов.

4) Минимизация ущерба за нарушение условий контракта, отражающих требования к характеристикам конечного продукта:

$$\Delta_k = (Y_1 - Y_2) r_5 \quad (7)$$

где Y_1 и Y_2 – материальный ущерб, который несла строительная организация до внедрения

системы управления качеством и после её внедрения; $г5$ – показатель учёта бездефектности и точности технологических процессов.

5) Увеличение прибыли при продаже заказчикам строительных объектов с повышенным качеством:

$$\text{Эп} - \sum_{i=1}^n \text{Ц}^*1 - \text{Ц}_i - \text{З}_{ik}, \quad (8)$$

где Ц^*1 и Ц_i выражают стоимость реализации i проекта согласно категориям повышенного и низкого качества; З_{ik} – общие затраты, которые потребовались для повышения качества строительства i объекта.

Оценивать эффективность потребления качественных объектов строительства обязательно нужно и с учётом временного фактора, ведь способ распределения времени на осуществление проекта приводит к положительным или отрицательным явлениям, в числе которых:

– понижение затрат в результате интенсивного освоения новой продукции и роста продуктивности труда;

– дисконтирование текущих и итоговых затрат;

– увеличение либо понижение затрат при изменении внешних и внутренних условий среды (в итоге инфляции, например);

– повышение или снижение затрат при эксплуатации строительных сооружений по причинам изменений в рыночной среде [10].

Выводы. Таким образом, в условиях экономического дисбаланса в стране, обусловленного санкциями стран Запада и удешевления нефти, когда потребность в новом жилье высокая, но платежеспособность населения и желание людей покупать новое жильё снижается, только прогрессивное конкурентное поведение позволяет строительной компании не только продолжать, но и расширять производство. Продукция организации, где на всех этапах производства налажена эффективная система управления её качеством, всегда будет пользоваться популярностью.

Информация об авторах

Мебадури Зураб Анзорович, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика, организация и управление производством».

E-mail: meba67@mail.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.

Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, д. 28.

Учаева Татьяна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика, организация и управление производством».

E-mail: uchaevatv@mail.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.

Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, д. 28.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукманова И.Г., Нежникова Е.В., Кудишин Д.Ю. Управление проектами в инвестиционно-строительной сфере. М.: МГСУ, 2012. 171 с.

2. Запольская Е. Причины управленческих ошибок – человеческие слабости // Экономический еженедельник группы изданий «Новый горизонт» Капитал. 2010. Т. 30 (№ 22). С. 14–16.

3. Самошин А.Г. Повышение конкурентоспособности строительного предприятия // Молодежный научный форум: Общественные и экономические науки: электр. сб. ст. по мат. XLIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4(44). URL:

[https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/4\(44\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/4(44).pdf) (дата обращения: 23.03.2018)

4. Яичников Е.А. Оценка конкурентоспособности строительной фирмы // Экономика строительства. 2011. №5. С. 34–42.

5. Лапин Г.Н. Оценка конкурентоспособности строительных компаний // Экономика строительства. 2010. №7. С. 31–34.

6. Гумба Х.М. Экономика строительных организаций. М.: Центр экономики и маркетинга, 2011. 139 с.

7. Кадырова О.Н., Мурзин А.Д., Осадчая Н.А. Состояние и тенденции развития строительной отрасли Юга России // Экономика и предпринимательство. 2016. № 8 (73). С. 905–912.

8. Фатхутдинов Р.А. Управление конкурентоспособностью организации, 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Эксмо, 2008. С. 320–3229.

9. Рейтинговое агентство строительного комплекса (РАСК) – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://rask.ru/ikso/rezultaty.php/> (Дата обращения: 26.03.2018).

10. Нежникова Е.В. Повышение конкурентоспособности строительной организации путем улучшения управления качеством выпуска ее продукции // Недвижимость: экономика, управление. 2013. № 1. С. 20–23.

Бурлаков Дмитрий Андреевич, магистрант, Институт Экономики и Менеджмента.
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, д. 28.

Поступила в июне 2018 г.

© Мебадур З.А., Учаева Т.В., Бурлаков Д.А., 2018

Mebaduri Z.A., Uchaeva T.V., Burlakov D.A.

THE MANAGEMENT OF PRODUCT QUALITY AS THE MAIN FACTOR OF COMPETITIVENESS OF CONSTRUCTION ORGANIZATIONS

In the article the authors reveal the concept of product quality and its impact on the competitiveness of the entire construction industry. The most modern scientific approaches, principles, methods and models of management of the construction organization as a whole are reduced to one thesis: without improvement of management of quality of production, it is impossible to compete effectively with other construction companies. In crisis conditions, construction companies must find the best ways to manage their activities. The authors consider the responsible authors to assess the competitiveness of the construction organization. It is concluded that all modern researchers of the construction market agree that the high competitiveness of the construction organization is not possible today with the increased quality of products and direct focus on the needs of potential buyers. The authors identify promising ways to improve the economic efficiency of quality management of construction products. One of the main levers of increase in quality of construction production – increase in a salary to collective according to quality of performance of work at the expense of own Fund of economic stimulation. Another important lever to stimulate the quality of products-its price, which depends on the cost of production, consumer properties, the ratio of supply and demand. The third direction is optimal cost management of the enterprise. Also, the authors propose to assess the level of quality of construction products when taking into account a complex of technical, socio-economic, organizational and other indicators. It is concluded that only progressive competitive behavior allows the construction company not only to continue, but also to expand production. Production of the organization, where at all stages of production an effective quality management system is established, will always be competitive.

Keyword: competitiveness, product quality, factors of total assessment, incentives, cost planning, factors of production costs.

REFERENCES

1. Lukmanova I.G., Nezhnikova E.V., Kudishin D.Yu. Project management in investment and construction to the sphere. M.: MGSU, 2012. 171 p.
2. Zapolskaya E. The causes of managerial errors - human weaknesses. Economic weekly of the group of editions "New City" Capital, 2010, november 30 (№ 22), pp. 14–16.
3. Samoshin A.G. Increase of competitiveness of the building enterprise. Youth scientific forum: Social and economic sciences: electr. Sat. Art. by mat. XLIV Intern. stud. scientific-practical. Conf. No. 4 (44). URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/4\(44\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/4(44).pdf) (reference date: 03/23/2018)
4. Yaichnikov E.A. Evaluation of the competitiveness of a construction firm. Economics of construction, 2011, no. 5. pp. 34–42.
5. Lapin G.N. Assessment of the competitiveness of construction companies. Economics of construction, 2010, no. 7, pp. 31–34.
6. Gumba H.M. Economics of construction organizations. M.: Center for Economics and Marketing, 2011, 139 p.
7. Kadyrova O.N., Murzin A.D., Osadchaya N.A. State and development tendencies of the construction industry of the South of Russia. Economics and Entrepreneurship, 2016, no. 8 (73), pp. 905–912.
8. Fathutdinov RA Management of the competitiveness of the organization, 2 nd ed., Rev. and additional. M.: Izd-vo Eksmo, 2008, pp. 320–322.
9. Rating agency of the construction complex (RASK) [Electronic resource] Access mode. URL: <https://rask.ru/ikso/rezultaty.php/> (Date of circulation: 26.03.2018).
10. Nezhnikova EV Increase the competitiveness of a construction organization by improving the quality management of its products output. Real Estate: Economics, Management, 2013, no. 1, pp. 20–23.

Information about the author

Zurab A. Mebaduri, PhD, Assistant Professor.
E-mail: meba67@mail.ru
Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Titov, 28.

Tatiana V. Uchaeva, PhD, Assistant Professor.
E-mail: uchaevaty@mail.ru
Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Titov, 28.

Dmitry A. Burlakov, Master student.
Penza state University of architecture and construction.
Russia, 440028, Penza, st. Titov, 28.

Received in June 2018

Для цитирования:

Мебадури З.А., Учаева Т.В., Бурлаков Д.А. Управление качеством продукции как основной фактор конкурентоспособности строительной организации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 133–138. DOI: 10.12737/article_5bab4a247a6414.07160502

For citation:

Mebaduri Z.A., Uchaeva T.V., Burlakov D.A. The management of product quality as the main factor of competitiveness of construction organizations. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 133–138. DOI: 10.12737/article_5bab4a247a6414.07160502

*Стрекозова Л.В., доц.,
Белых Т.В., аспирант,
Варавина Ю.А., студент,
Гененко В.Г., студент*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ БЕЛГОРОДСКОГО РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ

В данной статье приведен анализ динамики цен на недвижимость в Белгородской области за последние 10 лет, а также анализ спроса на индивидуальные жилые дома и квартиры; рассматриваются цены на жилье на первичном и вторичном рынках, объемы введенного в эксплуатацию жилья. Белгород и Белгородская область по-прежнему признаются одними из самых экономически развитых регионов России, а рынок недвижимости области можно описать как активно развивающийся. Не только столичные жители и северяне оценивают инвестиции в белгородские квартиры как довольно перспективные вложения, но и жители других городов нашей страны. Несмотря на сложную политическую ситуацию и кризисные явления, рынок недвижимости региона за последние годы сохранил хорошие темпы роста. На данный момент в области активно развивается малоэтажное строительство, темпы возведения загородных домов и коттеджей растут, что подтверждает заинтересованность со стороны жителей.

Ключевые слова: рынок недвижимости, первичный рынок жилья, вторичный рынок жилья, индивидуальное жилищное строительство, квартиры.

Как известно, рынок недвижимости оказывает большое влияние как на экономическое, так и социальное развитие региона. Доступность жилья определяется уровнем цен, а обеспеченность населения жильем представляет собой основное направление социальной политики федерального и регионального уровней.

Белгородская область в минувшее десятилетие стала желанным регионом для переселенцев из множества других регионов России и СНГ.

Благоприятный климат, относительная близость столицы, активное развитие области, да и сам рынок недвижимости Белгорода предоставляет достаточно альтернатив для улучшения жилищных условий.

Рассмотрим изменение цен на жилье в Белгородской области. Таблица 1 содержит данные о стоимости 1 м² жилья на первичном и вторичном рынках.

Таблица 1

Средняя стоимость 1 м² жилья в Белгородской области 2008-2017 гг., руб.

Рынок жилья	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Первичный	43430	41572	39340	40383	48877	52931	54621	50275	51663	52808
Вторичный	38477	36831	35071	32899	41004	49433	52664	50295	44714	48164

По данным табл. 1 можно сделать вывод, что на протяжении 10 лет стоимость недвижимости на первичном рынке превосходила стоимость на вторичном, и лишь в 2015г. наблюдалась обратная тенденция [1]. Более наглядно динамика цен представлена на рисунке 1.

Данный график показывает неравномерный рост цен на недвижимость в регионе. С 2008 г. стоимость недвижимости стала снижаться и к 2010 г. достигла своего минимального значения. В сравнении с 2008 г. цены на жилье в 2010 г. упали на 10,4 %. Данная ситуация может быть обусловлена мировым финансовым кризисом. Наибольший темп прироста на первичном рынке

в анализируемом временном промежутке наблюдался в 2012 г. и составил 21 %. С 2012 г. рынок недвижимости постепенно начал восстанавливаться, произошел плавный рост цен, но в 2015 г. ситуация изменилась, и средняя стоимость по сравнению с предыдущим годом упала на 7,9 %. Это обусловлено, прежде всего, политическими событиями на Украине и введением санкций в отношении Российской Федерации. Кроме того, падение цен может быть связано с приграничным положением Белгородской области, снижением уровня доходов населения, нестабильностью ситуации в смежных строительстве областях.

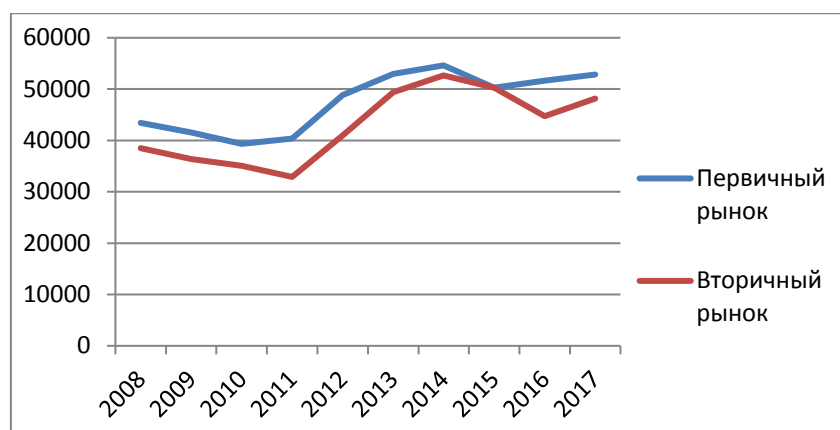


Рис. 1. Динамика стоимости жилья на первичном и вторичном рынках в Белгородской области, руб.

С 2016 г. цены на жилье продолжили свой рост. За 2017 г. стоимость недвижимости увеличилась на 2,2 %, что является ниже среднего по стране. [2]. За весь десятилетний период с 2008 по 2017 г. цены на недвижимость на первичном рынке выросли на 17,8 %. Темпы прироста цен на недвижимость на первичном и вторичном рынках приведены в таблице 2.

Анализ ситуации на вторичном рынке показывает, что с 2008 по 2011 г. стоимость жилья также падала, и ее минимальное значение в этом

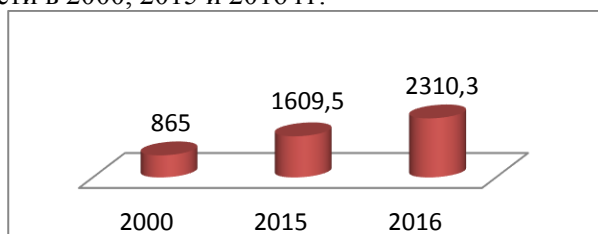
промежутке времени составило 6,6 %. Наибольший рост стоимости жилья пришелся на 2012 г. и составил 19,8 %. На протяжении 3-х лет ситуация на рынке была стабильной. С 2014 г. стоимость жилья опять начала снижаться и к 2016 г. достигла 12,5 %. С 2017г. цены на жилье продолжили свой рост. В общей сложности стоимость 1 м². с 2008 по 2017г. на вторичном рынке увеличилась на 20,1 %. Максимальная цена 1 кв.м. жилья наблюдалась в 2014 г. и составила 54621 руб. на первичном рынке и 52664 руб. на вторичном рынке. [1]

Таблица 2

Темпы прироста стоимости 1 кв. м. жилья в Белгородской области в 2008-2017гг., %

Рынок жилья	2009/ 2008	2010/ 2009	2011/ 2010	2012/ 2011	2013/ 2012	2014/ 2013	2015/ 2014	2016/ 2015	2017/ 2016	2017/ 2008
Первичный	-4,5	-5,7	2,6	17,4	7,7	3,1	-8,6	2,7	2,2	17,8
Вторичный	-4,5	-5,0	-6,6	19,8	17,1	6,1	-4,7	-12,5	7,2	20,1

Площадь введенных в эксплуатацию жилых зданий является одним из основных показателей, характеризующих состояние рынка недвижимости. Ниже на рис. 2 представлена динамика ввода в действие жилых зданий в Белгородской области в 2000, 2015 и 2016 гг.

Рис. 2. Динамика ввода площади жилых домов в эксплуатацию, тыс. м²

В целом, за 16 лет объемы введенного в эксплуатацию жилья увеличились. В 2016г. ввод жилой площади составил 2310,3 тыс. м², что на 30,3 % больше, чем в 2015 г. За весь рассматриваемый промежуток времени рост количества

вновь введенной жилплощади составил 274 %. [3]

Проанализировав стоимость 1 м² жилья на первичном и вторичном рынке, объемы введенных в пользование жилых зданий, мы видим, что рынок недвижимости Белгородской области имеет положительную тенденцию к развитию. Рост цен на недвижимость не сказывается отрицательно на продажах жилья. Данный факт может быть связан с тем, что жилье Белгородской области пользуется спросом у жителей других регионов, в частности, северных районов. В то же время необходимо учитывать тот факт, что стремительный рост цен на недвижимость делает недоступным ее покупку для местных жителей. Это напрямую сказывается на социально-экономическом развитии региона. Повлиять на это можно усилением контроля со стороны органов власти за деятельностью девелоперов и организаций, специализирующихся на строительстве. Кроме того, благоприятным образом на регули-

ровании рынка может сказаться частно-государственное партнерство, которое способствует минимизации административных барьеров в строительной сфере, привлечению дополнительных средств, предоставлению льгот в процессе кредитования [4].

Сейчас хороший, качественный дом доступен любому представителю среднего класса. В особенности в Белгородской области, где земля под ИЖС относительно доступна. Но потенциальный потребитель встречается с проблемой – цена на квадратный метр собственного нового дома с хорошим участком выходит значительно ниже цены за «метр» квартиры в многоэтажке.

Стоимость одного квадратного метра квартиры в многоэтажке включает в себя довольно большое количество элементов, которых нет при ИЖС. В них входят проект и разнообразные экспертизы, составляющие до 5–6 % стоимости строительства, это доход компании-застройщика, зарплата строителей и администрации, это работа крана, прочей техники, налоги и т. д. Частник же может всего этого избежать: он строит «хозспособом» – собственными силами или нанимая работников. Согласно законодательству, он может обойтись даже без проекта. Однако если частный застройщик захочет иметь эскизный проект, он обойдется ему не дороже 100 руб. за кв. м, т.е. для дома площадью 100 м² это всего 10 тыс. руб., или десятые доли процента от общих затрат.

В то же время у застройщика индивидуального дома имеются и собственные дополнительные траты, основная из которых – стоимость земельного участка. Но есть факторы, которые перекрывают этот минус. Одной из главных причин такого приятного для ИЖС-ников «дисбаланса» в Белгородской области считается политика власти, ориентированная на народ. Земли под ИЖС предоставляются на льготных условиях, особенно для местного населения.

Попробуем понять, как формируется спрос на более дорогие квартиры. Многие столичные жители приобретают квартиры в Белгороде и живут в них долгое время, отдыхая от суеты большого города. Большая часть из них никогда не жили на своей земле и просто не представляют себя вне квартиры. И, к слову, не только москвичи оценивают инвестиции в белгородские квартиры как довольно перспективные вложения, но и жители других российских городов. Именно поэтому и поддерживается такой высокий уровень цен на жилье в многоэтажках.

Когда люди переезжают в Белгородскую область, зачастую они делают это постепенно. Сначала приобретают квартиру. Приезжают, осматриваются, потом продают ее и покупают дом,

коттедж или более подходящую квартиру. А у ворот Белгорода уже новые переселенцы. Вот и выходит, что квартира – пока более реализуемая недвижимость, чем индивидуальный дом.

Подчеркнем еще один важный момент, оказывающий влияние на «перекося» цен. Инфраструктура в коттеджных поселках, даже близкорасположенных (Дубовое, Таврово или Новосадовый) серьезно отстает от городских районов. Трудности с транспортом и магазинами очевидны, а без автомобиля обходиться сложно. По этой причине дом в пригороде, на существенном удалении от остановки общественного транспорта вряд ли подойдет лицам без собственного транспорта, особенно пенсионерам. А это значительное лимитирование потребительской аудитории, ведь в числе переселенцев люди пенсионного возраста занимают немалую часть. Для семей с маленькими детьми удаленный дом – тоже не лучший вариант.

Имеются еще и коммуникационные трудности, особенно чувствительные для деловых людей и, вновь, для детей. Это интернет, точнее, его скорость. Кабель в индивидуальные дома провайдеры проводить не торопятся, даже если дом находится в самом городе. Единственный сравнительно приемлемый вариант в загородном коттедже сегодня – это 3G-модем. За 40–50 Гб «воздушного интернета» в Белгородской области придется заплатить 990–1100 руб. в месяц, мирясь с его небольшой скоростью, перебоями и обрывами связи, в то время как в городской квартире за 200 руб. в месяц можно пользоваться удобной «выделенкой». [4]

Но спрос на дома и участки не уменьшается, и это реалии современной Белгородчины. Потому что даже недостаток транспорта, слабая инфраструктура и медленный интернет не могут сдерживать стремление человека жить в своем доме на природе. Это другая степень свободы, другой уровень жизни и возможности самим планировать собственное пространство. Факт, что в Белгородской области на самом деле есть доступная цена земли под ИЖС, а также возможность льготного кредитования, несомненно радует. Стимулами для развития являются повышение численности и программы развития области.

Белгород и Белгородская область по-прежнему признаются одними из самых экономически развитых регионов России. И это оказывает значительное влияние на рынок недвижимости. Несмотря на кризисные явления, рынок жилья области за минувшее время продемонстрировал хорошие темпы роста. В этом году планируется ввести порядка 500 млн. м² жилья. Спрос на жилье все также остается значительным, покупка не-

движимости в Белгороде является целевой задачей большинства граждан, поэтому ввод нового жилья с успехом решает данную проблему. [3] К особенностям региона необходимо отнести нестандартный подход к градостроительству. Несмотря на то что Белгород является административным центром, комплексное многоэтажное строительство здесь практически не применяется. Это объясняется тем, что властями города сделана ставка на индивидуальную застройку, и вокруг Белгорода регулярно увеличивается «одноэтажная» агломерация. В области растет количество льготных программ, рассчитанных на ИЖС, что также оказывает влияние на рынок недвижимости. [4] Темпы строительства загородной недвижимости, домов, коттеджей подтверждают заинтересованность со стороны жителей, и это является перспективным направлением.

Таким образом, недвижимость Белгорода можно охарактеризовать как обладающую динамикой инфраструктурного развития, что позволяет приобретать квартиры и осуществлять продажи квартир как на вторичном рынке, так и совершенно нового готового жилья. Покупка жилья не только решает жилищный вопрос, но является выгодной инвестицией капитала, ведь цены на недвижимость в Белгородской области только растут. Вопросами, связанными с реализацией недвижимости в городе и области, занимается множество агентств недвижимости. Помимо этого, на рынок жилья Белгорода и области стимулирующее значение имеют вспомогательные факторы – осуществление программы, которая предусматривает расселение проживающих в фонде, относящемся к ветхому и аварийному, предоставление различных субсидий и начало формирования программы по строительству многоквартирных жилых микрорайонов. Несмотря на дополнительные траты, собственники индивидуального жилья также активно развивают загородное строительство. Под ИЖС выделяются все новые и новые участки, улучшаются программы кредитования. Доля такого жилья в общем объеме нового строительства занимает максималь-

ную часть. Купить коттедж или дом в Белгородской области не составит труда, рынок изобилует предложениями. К тому же цена загородного жилья станет сравнима со стоимостью городской квартиры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://belg.gks.ru/>
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
3. Аридова С.В., Фролов Н.В., Стрекозова Л.В., Тюремских М.А. Теоретические и методические аспекты разработки методики экономического обоснования реконструкции на основе комплексного анализа городских территорий на примере города Белгорода // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №8. С. 225–227.
4. Белгородская область в цифрах. 2017: Крат. стат. сб. Белгородстат. 2017. 145 с.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели // Статистический сборник / Росстат. 2016.
6. Шарапова А.В. Специфика рынка жилой недвижимости Белгородской области // Современные тенденции в образовании и науке. 2013. С. 140–141.
7. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Пасяда Н.И., Денисова И.В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России. Под ред. д.э.н., проф. А.Н. Асаула. СПб: «Гуманистика», 2011.
8. Коростин С.А. Особенности и тенденции развития регионального рынка малоэтажного домостроения [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.volsu.ru/upload/medialibrary/25b/7_Korostin.pdf.
9. Строительство и инвестиции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.it-nv.ru>.
10. Единый реестр застройщиков [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://erzrf.ru>.

Информация об авторах

Стрекозова Людмила Васильевна, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: strekozova_lv@mail.ru; strekozova.lv@bstu.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Белых Татьяна Владимировна, аспирант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: tanika1991@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Варавина Юлия Александровна, студент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.
E-mail: yulya.varavina.97@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Гененко Виолетта Геннадьевна, студент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.
E-mail: violetta.genenko@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июне 2018 г.

© Стрекозова Л.В., Белых Т.В., Варавина Ю.А., Гененко В.Г., 2018

Strekozova L.V., Belykh T.V., Varavina Y.A., Genenko V.G.

FEATURES OF THE BELGOROD REAL ESTATE MARKET DEVELOPMENT

In this article the analysis of dynamics of real estate prices provided in Belgorod region for the last 10 years and also the analysis of demand for individual houses and apartments; housing prices in primary and secondary markets, volumes of housing put into operation are considered. Belgorod and Belgorod region are still recognized as one of the most economically developed regions of Russia, and the real estate market of area can be described as actively developing. Not only capital inhabitants and northerners estimate investments into the Belgorod apartments as quite perspective investments, but also residents of other cities of our country. Despite a difficult political situation and the crisis phenomena, the real estate market of the region have kept good growth rates in recent years. At the moment low construction actively develops in areas, rates of construction of country houses and cottages grow that confirms interest from inhabitants.

Keywords: real estate market, primary housing market, secondary housing market, individual housing construction, apartments.

REFERENCES

1. Official site of Territorial authority of Federal State Statistics Service in the Belgorod region [An electronic resource]. Access mode: <http://belg.gks.ru/>

2. Official site of Federal State Statistics Service [An electronic resource]. Access mode: <http://www.gks.ru/>

3. Aridova S.V., Frolov N.V., Strekozova L.V., Tyuremsky M.A. Theoretical and methodical aspects of development of a technique of economic justification of reconstruction on the basis of the complex analysis of urban areas on the example of the city of Belgorod. Bulletin of BSTU named after V.G., 2016, no. 8, pp. 225–227.

4. The Belgorod region in figures. 2017: Krat. to become. сб. / Belgorodstat, 2017, 145 p.

5. Regions of Russia. Socio-economic indexes//Statistical collection / Rosstat. 2016.

6. Sharapova A.V. Specifics of the market of the residential real estate of the Belgorod region. Current trends in science and education, 2013, pp. 140-141.

7. Asaul A.N., Kazakov Yu.N., Pasyada N.I., Denisova I.V. The theory and practice of low housing construction in Russia. Under the editorship of Dr. Econ. Sci., the prof. A.N. Asaula – SPb: Gumanistika, 2011.

8. Korostin S.A. Features and tendencies of development of the regional market of low housing construction [An electronic resource] – the access Mode: http://www.volsu.ru/upload/medialibrary/25b/7_Коростин.pdf

9. Construction and investments [An electronic resource] - the access Mode: <http://www.it-nv.ru>

10. Unified register of builders [An electronic resource]. Access mode: <http://erzrf.ru>

Information about the author

Lyudmila V. Strekozova, Senior lecturer,
E-mail: strekozova_lv@mail.ru; strekozova.lv@bstu.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Tatyana V. Belykh, Research assistant.
E-mail: tanika1991@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Yulia A. Varavina, Student.

E-mail: yulya.varavina.97@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Violetta G. Genenko, Student.

E-mail: violetta.genenko@mail.ru

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

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

.

Received in June 2018

Для цитирования:

Стрекозова Л.В., Белых Т.В., Варавина Ю.А., Гененко В.Г. Особенности развития белгородского рынка недвижимости // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 139–144. DOI: 10.12737/article_5bab4a2735b214.25960467

For citation:

Strekozova L.V., Belykh T.V., Varavina Y.A., Genenko V.G. Features of the Belgorod real estate market development. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 9, pp. 139–144. DOI: 10.12737/article_5bab4a2735b214.25960467

Леонова О.В., ст. препод.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ИННОВАЦИОННОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО ИНОСТРАННОГО ИСЛАМСКОГО КАПИТАЛА

В настоящее время инновационная деятельность российских предприятий часто требует международного финансирования. Важнейшие инновационные технологии, актуальные для динамичного социально-экономического развития страны, в ряде случаев, внедряются в хозяйственную практику с участием иностранного частного капитала. В ходе исследования уточнены характеристики исламского финансирования при реализации инновационных технологий предприятий. Изучена существующая информация о частном иностранном исламском капитале в форме вакал и мудараба. Обоснована необходимость разработки и внедрения методических подходов реализации технологий инновационного финансирования в отечественной экономике. Охарактеризованы этапы внедрения исламского финансирования на основе потенциала иностранного частного капитала. Отмечен первый этап реализации инновационной технологии финансирования в виде учреждения нового предприятия для осуществления проекта с заданными инновационными параметрами. Подчеркнута оптимальная структура уставного капитала при учреждении предприятия в виде структуры с участием национального частного капитала и иностранного частного капитала. Содержание второго этапа включает решение одной из двух основных задач, учреждения нового исламского банка или реструктуризации действующей кредитной организации путем выделения в ней структурного звена в виде «исламского окна». На третьем этапе технологии инновационного финансирования проекта предложено привлечение кредитной организацией ресурсов с использованием вакал. В составе целей четвертого этапа выделено привлечение заемного капитала исламским банком и предоставление банком этого капитала по принципам мудараба. Описан пятый этап технологии инновационного финансирования, когда после приобретения инновационных активов, предусмотренных проектом, запускается инновационный производственный процесс. Обозначен шестой этап осуществления инновационной технологии, который соответствует завершению срока существования проекта и включает сопоставление результатов и затрат проекта на основе произведенной инновационной продукции и распределение чистой прибыли.

Ключевые слова: исламское финансирование, частный иностранный исламский капитал, вакал, мудараба, технологии инновационного финансирования, этапы внедрения исламского финансирования.

Введение. Необходимость активизации инновационной деятельности хозяйствующих субъектов в условиях ограниченных источников финансирования инновационных проектов (ИП), в том числе в силу сохранения санкций со стороны западных стран, требует разработки новых технологий финансирования ИП. Следует подчеркнуть, что решению данной проблемы посвящены труды многих российских авторов [1, 2, 3, 4, 5, 6], существуют предложения по активному использованию иностранного участия для целей реализации ИП [7, 8]. Говоря о принципах исламского финансирования, в первую очередь, обращают внимание на беспроцентный характер отношений, возникающих, с одной стороны, между банком и вкладчиком, с другой стороны – между банком и заемщиком. Одной из первых задач, стоящих перед исламским банкингом, выступает изучение потенциального рынка беспроцентных вкладов и создание привлекательных условий для клиента с точки зрения привлечения его средств. Известно, что Российская Федерация –

это многонациональная и многоконфессиональная страна, в составе населения которой находятся представители различных национальностей, в том числе исповедующих ислам, которые по определению разделяют подходы исламского финансирования во взаимоотношениях с кредитными организациями. В то же время в стране практически не функционируют исламские банки и отсутствуют «исламские окна» в традиционных банках. Одновременно сбережения граждан, принадлежащих исламу, находятся в классических вкладах, на которые начисляются проценты. Это означает, что при появлении возможности размещения сбережений на беспроцентной основе клиенты могут переместить их в исламские депозиты при наличии необходимой мотивации. Закономерно, что требуется разработка технологии инновационного финансирования на основе частного иностранного исламского капитала [9].

Методика. Инновационное развитие отечественной экономики и обеспечение ее устойчивого роста требует формулирования новых методических подходов, связанных с финансированием ИП. Эти подходы включают определение качества объектов ИП и источников их финансирования, расчет эффективности ИП при использовании различных вариантов финансирования, уточнения соответствующего потенциала проектов и т. д. Важным с точки зрения методических подходов выступает обоснование технологии инновационного финансирования с учетом мотивации поставщиков инвестиционных ресурсов. Потенциал привлечения сбережений физических лиц для осуществления высокодоходных ИП в стране является значительным, поскольку процентные ставки по классическим вкладам сроком свыше одного года в российских рублях (декабрь 2017 года) на уровне 5,27–6,39 % [10] не создают необходимой заинтересованности из-за сопоставимости этих ставок с уровнем реальной инфляции, а размещать сбережения за рубежом российским гражданам не выгодно в силу низких процентных ставок по вкладам, имеющих тенденцию к снижению вплоть до отрицательных ставок. Альтернативные варианты размещения сбережений в виде приобретения акций успешных хозяйствующих субъектов также не привлекательны, поскольку дивиденды на одну обыкновенную акцию, выплачиваемые крупнейшими российскими компаниями, такими как «Газпром», Нефтяная компания «Роснефть», Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ», ГМК «Норильский никель», «Уралкалий» и др. по итогам работы в последние годы были крайне низкими, и находились в пределах доходности 1,21 %–3,42 % [11], что существенно ниже уровня реальной инфляции. Кроме того, акции указанных компаний высокорисковые, в том числе из-за действующего санкционного механизма, могут быстро обесцениваться и не удовлетворяют инвестиционный спрос граждан при выходе из депозитов кредитных организаций. В этой связи необходимо формулировать и уточнять научно-теоретические положения и разрабатывать технологии инновационного финансирования на основе частного иностранного исламского капитала, что окажет положительное влияние на реализацию ИП в национальной экономике и позволит обеспечить устойчивый экономический рост.

Основная часть. Представляется, что реализация ИП в национальной экономике должна проводиться с участием кредитных организаций [12]. При этом мотивация вкладчиков к использованию их финансовых ресурсов в проекте может осуществляться по принципам «Вакал», с более высокой эффективностью вложений на беспроцентной основе, что создаст предпосылки для

развития финансирования национальных проектов по исламскому принципу с применением «Мудараба». «Вакал» в российских условиях определяется нами как особая форма депозита, привлекаемого кредитной организацией с использованием принципов исламского финансирования на беспроцентной основе в соответствии с нормативной базой Банка России по договору, отражающему направление использования вклада и механизм распределения прибыли. В свою очередь «Мудараба» предполагает привлечение кредитной организацией сбережений клиента, который выступает как инвестор, далее деньги консолидируются в объединенный актив и направляются в инновационный проект, возникающий положительный финансовый результат подлежит распределению среди участников ИП на основании заключенного договора.

На наш взгляд, реализация технологии инновационного финансирования должна осуществляться на основе частного капитала [13]. При использовании иностранного исламского капитала могут быть выделены этапы, хотя разработка и внедрение такой технологии – это сам по себе инновационный процесс. Первый этап – учреждение нового предприятия для осуществления ИП с заданными инновационными параметрами. Исследования показали, что оптимальной структурой уставного капитала при учреждении предприятия является структура с участием национального частного капитала и иностранного частного капитала в виде ресурсов национальных физических лиц, их групп или принадлежащих им предприятий и ресурсов иностранных физических лиц, их групп или принадлежащих им предприятий. Такая структура закладывает основы всей будущей инновационно-инвестиционной деятельности хозяйствующего субъекта, обеспечивает быстрое и динамичное перемещение капитала между участниками и его диверсификацию, учитывает национальные особенности ведения бизнеса и упрощает бюрократические процедуры. Отметим, что на первом этапе внедрения технологии инновационного финансирования на основе частного иностранного исламского капитала, закладываются пропорции между составляющими уставного капитала, которые впоследствии лягут в основу распределения прибыли, формирования компетенций по управляющим воздействиям на ИП, привлечения заемного исламского капитала и т. д. По нашему мнению, оплата уставного капитала должна быть осуществлена в пропорции – 50 % национальный частный капитал и 50 % иностранный частный исламский капитал, что позволит в последствии в равных долях распределять прибыль от ИП и исключит потенциальный конфликт интересов. При создании нового хозяйствующего субъекта

необходимо минимизировать организационные расходы на создание совместного предприятия, создавать предприятие предпочтительно в форме закрытой структуры по принципу общества с ограниченной ответственностью. Ориентация на исламское финансирование изначально снимает балансовые ограничения будущей инновационно-инвестиционной деятельности при реализации ИП, поскольку при поддержке проекта исламским банком величина собственных средств (капитала) не имеет значения.

На втором этапе разработки и реализации технологии инновационного финансирования с использованием частного иностранного исламского капитала необходимо решить одну из двух основных задач – учредить новый исламский банк или реструктурировать действующую кредитную организацию путем выделения в ней внутреннего структурного подразделения в виде «исламского окна». Второй путь предпочтительнее на первом этапе создания новой технологии финансирования, поскольку требует минимальных затрат, вследствие сохранения всей банковской инфраструктуры в виде зданий, сооружений, транспортных средств, компьютерной техники и т. д. При этом возникают дополнительные расходы на обучение и переквалификацию персонала и расходы на адаптацию программного обеспечения. Первый вид расходов связан с дополнительным профессиональным образованием и профессиональной переподготовкой персонала в профильных образовательных организациях, второй вида расходов может потребовать услуг фирм, специализирующихся на разработке программного обеспечения. Отметим, что привлечение депозитов «Вакал» на беспроцентной основе не противоречит нормативной базе Банка России, в соответствии с Положением «О Плате счетов бухгалтерского учета для кредитных организаций и порядке его применения» № 579-п от 27 февраля 2017 года «Вакал» можно отражать на счетах по учету прочих привлеченных средств, а характер привлечения фиксируется разработанными условиями договора. Следует подчеркнуть, что на втором этапе создания новой технологии финансирования кредитная организация проводит активную маркетинговую компанию среди потенциальных клиентов по «Вакал», разъясняющую суть исламского финансирования и его преимущества перед классическими депозитами. Уже учрежденное предприятие-претендент на получение финансирования по «Мудараба» одновременно с банком адаптирует учет и документооборот под инновационные формы финансирования.

Третий этап освоения технологии инновационного финансирования ИП – привлечение кредитной организацией ресурсов с использованием

«Вакал». Предполагается, что к этому моменту времени уже сформирован целевой рынок вкладчиков, банком разработаны условия на привлечение и типовые формы договоров по «Вакал». Как отмечалось, в договорах на привлечение кредитная организация фиксирует направление использования «Вакал» в виде конкретного ИП, права инвестора в виде прав на получение дохода от будущей чистой прибыли по проекту в конкретной доле прибыли, обязанности клиента по своевременному внесению денежных средств на соответствующий счет в банке, особенности формирования пула для осуществления ИП. Здесь следует подчеркнуть, что значительный потенциал по привлечению средств клиентов по Вакал во многом связан с относительно низкими процентными ставками по депозитам, поэтому высокодоходный ИП будет привлекательным для клиента при условии, что его доход превысит доход по альтернативным вложениям. Принимая во внимание то, что доход по относительно безрисковым вложениям в первоклассные банки, либо при приобретении государственных ценных бумаг, специально выпускаемых для граждан, не превышает 6–7 % годовых, чистый доход выше этого показателя уже создает мотивацию для клиента. Также подчеркнем, что инвестиционные ресурсы, привлеченные на беспроцентной основе по «Вакал» будут размещены также на беспроцентной основе по «Мудараба». При этом возможны варианты, когда кредитная организация будет полностью финансировать будущий ИП за счет клиента, либо это будет частичное финансирование с использованием собственных средств кредитной организации, что повлияет на распределение чистой прибыли по проекту.

На четвертом этапе осуществления технологии инновационного финансирования ИП предприятие привлекает заемный капитал от исламского банка, а исламский банк предоставляет этот капитал по принципам «Мудараба». Отечественное предприятие, функционирующее на основе национального частного капитала с участием иностранного частного капитала может использовать для финансирования ИП государственные банковские кредиты и государственные займы, частные банковские кредиты и частные займы, иностранные банковские кредиты и иностранные займы и другие доступные источники инвестиционного финансирования. Однако в случае с исламским финансированием по «Мудараба» акцент смещается на исламские банки, которые привлекают ресурсы по «Вакал». Таким образом, исключается ситуация, когда банк привлекает вклады на процентной основе, а предоставляет финансирование без процентов и наоборот. Иными словами, исламское финансирование

одновременно включает в себя и «Вакал» и «Мудараба» и, по сути, речь идет о трехсторонних отношениях между клиентами исламской кредитной организации. Еще раз подчеркнем, что у предприятия, капитал которого структурирован как национальный частный капитал с участием иностранного частного исламского капитала, вероятность заемного финансирования со стороны национальных и иностранных исламских кредитных организаций растет в силу их большего доверия к клиенту. Как отмечалось, при реализации «Мудараба» могут возникать проблемы налогообложения в части требования налоговых органов по начислению и уплате НДС по непроцентным доходам исламского банка, известно, что по процентным доходам кредитной организации налог на добавленную стоимость не предусмотрен. По нашему мнению, эти проблемы решаются за счет подбора высокодоходного ИП, поскольку многие инновации генерирует значительные доходы, будучи при этом высокорисковыми. С точки зрения банковской деятельности операции с клиентом по «Мудараба» в соответствии с нормативной базой проводятся на счетах по учету прочих размещенных средств, характер размещаемых средств фиксируется в договоре на размещение. Права предприятия по «Мудараба», в первую очередь, заключаются в возможности получить заемное инвестиционное финансирование в определенный срок и в полном объеме, обязанности заемщика предполагают целевое и обоснованное использование финансирования в соответствии с параметрами согласованного с банком ИП, в том числе последовательность инвестирования в ИП и принципы распределения полученной чистой прибыли. С учетом трехстороннего участия в ИП поставщика ресурсов по «Вакал», исламского банка и получателя финансирования по Мудараба в договоре на размещение активов, как и в договоре на привлечение ресурсов, учитываются интересы всех трех сторон с учетом участия в капитале, направляемом на реализацию ИП, в том числе части капитала, соответствующей вкладываемым нематериальным активам.

Пятый этап в технологии инновационного финансирования ИП состоит в том, что после приобретения соответствующих инновационных активов, предусмотренных проектом, запускается инновационный производственный процесс, генерирующий положительные денежные потоки. На этом этапе ИП предприятие ведет текущую инновационную финансово-хозяйственную деятельность для производства инновационной продукции и ее сбыта. Здесь в полной мере проявляются особенности исламского финансирования, состоящие в том, что в его рамках не начис-

ляются и не уплачиваются проценты, но производственный менеджмент вместе с инновационно-инвестиционным менеджментом осуществляется с участием исламской кредитной организации, которая по договору выступает как участник проекта. Данный этап требует активизации организационного потенциала предприятия в части управления структурой акционерного и заемного капитала, управления текущей хозяйственной деятельностью и качеством ИП предприятия. Нужно помнить, что исламский банк, как участник проекта, должен одновременно управлять банковскими рисками и в первую очередь кредитными рисками по проекту в целях недопущения нарушения нормативной базы регулятора («Положении о порядке формирования кредитными организациями резервов на возможные потери по ссудам, по ссудной и приравненной к ней задолженности» № 254-п), что выражается в обеспечении отсутствия просроченной задолженности по предоставленному долгосрочному финансированию ИП. В отсутствии залога, что имеет место при исламском финансировании и возникновении просроченной задолженности, прочие размещенные средства становятся «безнадежным» активом пятой категорией качества, что может привести к утрате капитала исламского банка и отзыву у него лицензии регулятором.

На шестом этапе осуществления технологии инновационного финансирования ИП, который соответствует завершению срока существования ИП происходит сопоставление результатов ИП в виде произведенной инновационной продукции в стоимостном виде и инновационно-инвестиционных затрат на проект и распределение чистой прибыли, одновременно ранее предоставленные предприятию по «Мудараба» средства возвращаются в исламский банк, который в свою очередь передает их клиенту, предоставившему ресурсы по «Вакал». Отметим, что в разработанной технологии инновационного финансирования в центре финансирования ИП находится исламский банк («исламское окно» в классическом банке). На стадии учреждения совместного предприятия в кредитной организации открываются лицевые расчетные счета, счета по учету привлеченных по «Вакал» и размещенных по «Мудараба» средств, с этих же счетов оплачиваются инновационно-инвестиционные расходы, на соответствующие счета поступают положительные денежные потоки, на них поступают и с них возвращаются размещенные и привлеченные средства, с этих же счетов распределяется чистая прибыль между участниками ИП.

Подчеркнем, что чистая прибыль по проекту распределяется в соответствии с вкладом участников ИП по принципам исламского финанси-

вания. Одновременно, доходность по предоставляемым ресурсам по «Вакал» – это отправная точка определения доходности и чистой прибыли по проекту, поскольку клиент, предоставляющий ресурсы должен иметь доходность выше, нежели по классическому депозиту. По нашему мнению, пропорции в распределение чистой прибыли по ИП складываются в результате функционирования предоставленного участниками проекта акционерного и заемного капитала и расходов по привлечению и размещению капитала каждого из участников при реализации проекта. Для предоставляющего ресурсы по «Вакал» участника дополнительные затраты отсутствуют, он получает определенную часть чистой прибыли на предоставленный исламскому банку частный капитал исходя из предусмотренной нормы чистой прибыли на весь капитал. Исламский банк формирует чистую прибыль в первом случае на основе расходов по привлечению и размещению заемного капитала, во втором случае, при использовании в «Мудараба» частично собственного капитала доля прибыли банка складывается исходя из его собственного капитала, а также нормы чистой прибыли на капитал. Предприятие, реализующее ИП, имеет долю чистой прибыли, получаемую от использования собственного капитала, умноженного на установленную норму чистой

прибыли и долю чистой прибыли на предоставляемые нематериальные активы в виде документации по проекту с учетом нормы чистой прибыли. Предлагаемый подход к распределению чистой прибыли по ИП при исламском финансировании означает, с одной стороны, что каждый участник проекта формирует свою чистую прибыль в соответствии с предоставленным частным капиталом, с другой стороны, в расчет принимается оценка нематериальных активов по ИП, играющих большую роль в осуществлении инновационной деятельности хозяйствующих субъектов, а также расходы исламского банка на привлечение и размещение ресурсов. Чем больше, при прочих равных условиях, величина оценки нематериальных активов предприятия и указанных расходов банка, тем больше чистой прибыли по проекту в относительном и абсолютном выражении будет распределено в пользу хозяйствующего субъекта и кредитной организации. Поэтому при формировании договоров между участниками проекта финансируемого по исламскому принципу следует дать обоснованную оценку всем инвестициям заинтересованных сторон. Практические рекомендации для инвестирования инновационных проектов на территории России на основе исламского подхода в обобщенном виде представлены в табл. 1.

Таблица 1

Практические рекомендации для инвестирования инновационных проектов на территории России на основе исламского подхода

№ п.п.	Наименование практической рекомендации	Содержание мероприятий по реализации практической рекомендации
1	Формирование нового порядка учреждения предприятий для осуществления ИП с заданными инновационными параметрами	Разработка технологии структурирования уставного капитала совместного предприятия как национального частного капитала с участием иностранного частного исламского капитала
2	Создание механизма учреждения исламских банков или выделения «исламских окон» в обычных банках	Обучение и переквалификация персонала кредитных организаций и адаптация программного обеспечения
3	Организация привлечения кредитными организациями ресурсов с использованием «Вакал»	Формирование целевого рынка вкладчиков, разработка условий на привлечение и типовых форм договоров по «Вакал»
4	Разработка способов предоставления предприятиям заемного капитала от исламских банков по принципам «Мудараба»	Использование наряду с классическими источниками финансирования исламского финансированием по «Мудараба» на основе потенциала исламских банков с ресурсами по «Вакал»
5	Формирование схемы приобретения инновационных активов организации	Реализация инновационного производственного процесса, генерирующего положительные денежные потоки
6	Разработка механизма распределения чистой прибыли по инновационному проекту	Внедрение методики определения долей чистой прибыли участников проектов

Выводы. Представляется, что разработка и внедрение технологии инновационного финансирования на основе частного иностранного исламского капитала в национальной экономике позволяет решать следующие задачи.

Во-первых, обеспечить участие организаций с иностранным капиталом в реализации национальных ИП и частично преодолеть недостаток прямых иностранных инвестиций путем привлечения в состав стран – инвесторов в российскую экономику арабских стран.

Во-вторых, повысить эффективность ИП в промышленности, поскольку в случае использования исламского финансирования показатели эффективности будут выше, нежели при классическом финансировании, вследствие отсутствия процентных расходов по проекту.

В-третьих, активизировать банковскую деятельность на новых принципах путем развития финансирования ИП исламскими банками, либо через «исламские окна» в обычных банках, обеспечив при этом укрепление партнерских отношений между банками-кредиторами и предприятиями-заемщиками.

В четвертых, создать мотивацию вкладчиков к участию совместно с кредитными организациями в ИП по принципам «Вакал», что создаст предпосылки для развития финансирования национальных проектов по исламскому принципу с применением «Мудараба» и позволит обеспечить распределение чистой прибыли по ИП в соответствии с предоставленными частным капиталом и нематериальными активами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авилова В.В., Ульмаскулов Т.Ф. Модернизация системы управления инновационным развитием на примере нефтехимического комплекса: монография. Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. 209 с.
2. Аксянова А.В. Статистика инноваций. Проблематика, методология и перспективы исследований: монография. Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. 88 с.
3. Гарипова Г.Р., Шинкевич А.И. Управление инновациями. Состояние и перспективы развития: монография. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. 172 с.
4. Посталюк М.П., Вафин А.М. Инноватизация управления промышленным комплексом в локальных экономических системах России. Казань: Издательство Казанского университета, 2015. 198 с.
5. Райская М.В. Управление инновационной деятельностью: учебное пособие. Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. 145 с.
6. Шаймиева Э.Ш. Инновации для реализации технологической модернизации регионов. Казань: Познание, 2011. 210 с.
7. Глаголев С.Н., Моисеев В.В. Проблемы иностранных инвестиций в России в условиях экономических санкций: монография. Белгород: Белгородский технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. 263 с.
8. Киселев С.В. Механизм привлечения прямых иностранных инвестиций для целей инновационного развития // Экономика и предпринимательство. 2015. Т. 1, В. 11. С. 1142-1147.
9. Doroshenko, Y.A., Leonova O. V. Financial infrastructure trends in countries of Middle East // 4th International Conference «Law, Economy & Management in Modern Ambiance», 17-19. April 2015. Belgrade, Serbia. Vol. 1. P. 100-106.
10. Статистический бюллетень Банка России. 2018. № 2 (297). С. 119-120.
11. Ермак С., Заякин С. Бычий год // Эксперт. 2016. № 43. С. 116-117.
12. Глаголев С.Н., Бухонова С.М., Сидорин Ю.М. Принципы финансирования региональных инвестиционных проектов с участием кредитных организаций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 182-188.
13. Doroshenko Y.A., Shevelev A. A., Somina I.V. The Private Capital and Investment Financing // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 25. Number 1. P. 124-132.

Информация об авторах

Леонова Ольга Викторовна, старший преподаватель кафедры стратегического управления.

E-mail: intecun@yahoo.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июне 2018 г.

© Леонова О.В., 2018

Leonova O.V.

THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR INNOVATIVE FINANCING ON THE BASE OF PRIVATE FOREIGN ISLAMIC CAPITAL

Currently, the innovative activities of Russian enterprises often needed international financing. The mains innovative technologies of actual social and economical development of country have been inculcate into the business practice with private foreign capital participation. The characteristics features for islamic financing in innovative technologies of enterprises have been specifying. The information about private foreign islamic capital in forms of vacal and mudaraba has been studied. The necessity for the development and introduction

of methodic of definition for technologies of innovative financing in national economic has been substantiated. The stages of inculcation for islamic financing on the base of potential of private foreign capital has been characterized. The first stage of realization for innovative technology of financing as institution of new enterprise for carry out possibility of project wish needed innovative features has been noted. The optimal structure of stock capital in the period of institution of new enterprise in the form of private national capital and private foreign capital has been marked. The maintenance of second stage includes the decision for one from two problems, institution of new islamic bank or restructuring of real credit organization in the form of creation in this organization the structure link as «islamic window». On the third stage for inculcation of technologies of innovative financing for project the attraction by credit organization resources with using vacal has been suggested. In the composition for fourth stage aims the attraction of borrowed capital by islamic bank and giving this capital with mudaraba principle has been attract. The fifth stage for technologies of innovative financing when after the acquiring of innovative actives for project we have a beginning of innovative process of production has been illustrated. The sixth stage for realization of technology, corresponded witch the final period life of project and included comparison of results and expenditures on the innovative production base and the clear profit distribution has been concretized.

Keywords: islamic financing, private foreign islamic capital, vacal, mudaraba, technologies of innovative financing, stages of inculcation for islamic.

REFERENCES

1. Avilova V.V., Ulmaskutov T.F. The modernization of management system for innovative development on the example of oil chemical complex: monograph. Kanan: KNITU. 2017, 209 p.
2. Aksyanova A.V. The statistic of innovations. The problems, methodology and perspectives of researches: monograph. Kanan: KNITU. 2015, 88 p.
3. Garipova G.R., Shincevich A.I. The management innovations. The condition and perspectives of development: monograph. Kanan: KNITU. 2015, 172 p.
4. Postaliuk M.P., Vafin A.M. The innovatisation of management for industrial complex in the local economic systems of Russia. Kanan: Publishing House of Kasansky university. 2015, 198 p.
5. Raiskaya M.V. The management for innovative activity: text-book. Kanan: KNITU. 2018, 145 c.
6. Shaimieva E.S. The innovations for realization of regions technology modernization. Kanan: Poznanie. 2011, 210 p.
7. Glagolev S.N., Moiseev V.V. The problems of foreign investments in Russia for economical sanctions conditions: monograph. Belgorod: BGTU, EBC ACV. 2014, 263 p.
8. Kiselev S.V. The mechanism of attraction for direct foreign investments for aims of innovative development. Economics and business, 2015, vol. 1, no. 11, pp. 1142–1147.
9. Doroshenko, Y.A., Leonova O. V. Financial infrastructure trends in countries of Middle East. 4th International Conference «Law, Economy & Management in Modern Ambiance», 17-19 April 2015, Belgrade, Serbia, vol. 1, pp. 100–106.
10. The Bank of Russia statistic bulletin. 2018, no. 2 (297), pp. 119–120.
11. Ermac S., Zayakin S. The year of bull. Expert. 2016, № 43, pp. 116–117.
12. Glagolev S.N., Buhonova S.M., Sidorin Y.M. The principles of financing of regional investment projects with credit organizations participation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 6, pp. 182–188.
13. Doroshenko Y.A., Shevelev A. A., Somina I.V. The Private Capital and Investment Financing. World Applied Sciences Journal. 2013, vol. 25, no. 1, pp. 124–132.

Information about the author

Olga V. Leonova, Senior lecturer.

E-mail: intecun@yahoo.com.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in June 2018

Для цитирования:

Леонова О.В. Разработка технологий инновационного финансирования на основе частного иностранного исламского капитала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 145–151. DOI: 10.12737/article_5bab4a2990fc60.01889260

For citation:

Leonova O.V. The development of technologies for innovative financing on the base of private foreign islamic capital. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 8, pp. 145–151. DOI: 10.12737/article_5bab4a2990fc60.01889260

Чижова Е.Н., д-р экон. наук, проф.,
Сорокина В.Ю., ст. преп.,
Веснина О.О., аспирант,
Осыченко Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРИНЦИПЫ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В настоящее время вопросы выхода России из кризиса в условиях санкций со стороны западных стран, модернизации экономики, освоения новых ниш на мировом рынке все больше связывают с эффективным использованием интеллектуального и научного потенциала. Повышение уровня жизни населения и развитие отраслей высокотехнологичного строительного производства предполагают формирование экономической системы инновационного типа, направленной на знание, информацию и инновации. Однако осуществить инновационно-технологический прорыв в рыночной экономике невозможно без создания определённых условий, позволяющих максимально продуктивно взаимодействовать силам науки, государства и бизнеса.

Инновационная модель экономического роста тесно связана с развитием инновационных сред. Именно здесь новые идеи, изобретения, исследования и разработки превращаются в конкретный продукт с новыми, отличными от других продуктов, высокими качественными свойствами.

Состав и структура инновационной среды строительного производства создаётся под воздействием различных факторов внешней и внутренней среды, в т.ч. долгосрочного государственного стратегического планирования, законодательной и нормативно-правовой базы, текущего уровня научно-технического и промышленного развития, традиций общества и его отношения к переменам.

Перспективы развития инновационной среды строительной отрасли тесно связаны с разработкой и решением стратегических задач экономики, анализом федеральной и региональной инновационной политики. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что изучение состава и структуры инновационной среды, оценка качества ее функционирования являются важными и актуальными вопросами, рассмотренными в данной статье.

Ключевые слова: *строительное производство, факторы инновационной среды, инновационное развитие, строительная отрасль, принципы формирования, научный потенциал, инновационная среда.*

Введение. Вопрос роста и развития строительного производства в условиях модернизации строительной отрасли, глобализации и интернационализации рынка является важной научной и практической задачей, стоящей перед органами власти различных уровней управления. Сохранение конкурентных преимуществ для строительной организации означает выживание в течение длительного срока, достигаемое за счет инвестиционных вложений, а также активного использования инноваций.

В настоящее время в экономической литературе появляется все большее количество публикаций и исследований, рассматривающих инновации и инновационную деятельность как один из факторов, определяющих эффективность осуществления коммерческой деятельности, количественные и качественные показатели оценки инновационной среды. Именно с этим фактором принято связывать повышение качества жизни людей, конкурентоспособность социально-экономических систем, а также формирование межгосударственных отношений.

Впервые термин «инновации» в России был законодательно зафиксирован в Постановлении Правительства от 24.07.1998 г. №832 «О Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998-2000 годы», впрочем, какие-либо сведения об инновационной среде в документе не упоминались совсем, что адекватно кризисному состоянию экономики того периода времени [1].

Закрепление терминологического аппарата на территории Российской Федерации на сегодняшний день происходит на основании следующих документов:

- Федерального закона от 23.08.1996 г. №127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (принят Государственной Думой 12.07.1996 г., одобрен Советом Федерации 07.08.1996 г., введен в действие Федеральным законом от 21.07.2011 г. №254-ФЗ);

- «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. №1662-р);

- ГОСТ Р 54147-2010 «Стратегический и инновационный менеджмент» (принят и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21.12.2010 г. №901-ст);

- ГОСТ Р 56261-2014 «Инновационный менеджмент. Инновации. Основные положения» (утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.11.2014 г. №1847-ст).

Однако в указанной литературе также практически отсутствует информация об инновационной среде, а упоминаемая интерпретация рассматривается несколько лаконично и емко – с позиции отношений участника инновационного процесса с окружающей его внешней и внутренней средой. В России ещё не принят закон об инновационной политике на федеральном уровне, следовательно, соответствующей статьи расходов у Министерства финансов нет. В свою очередь, опыт развитых стран показывает, что в эпоху глубоких перемен именно поддержка со стороны государства является наиболее сильной и эффективной для инновационной сферы [2, 3].

Инновационная деятельность – это всегда неопределённость. Отсутствует ясность: оправдаются ли ожидания относительно экономического эффекта инновации или нет. Сложность вызывает и нестабильная динамика отношений государства и инновационной сферы: в зависимости от принятой инновационной политики финансирование инновационных разработок может принимать либо целевое значение, либо, откладываясь на расплывчатый срок, ожидать своего инвестора, негативно сказываясь на реализации инновационного потенциала.

Целью данной статьи является исследование теоретических и методологических положений понятия «инновационная среда», ее принципов и факторов формирования, а также разработка практических рекомендаций относительно оценки инновационной среды.

Методы исследования. В качестве основы структуры показателей, предлагаемых в данной статье, примем следующие базовые принципы: системность, абстракция, иерархия, сочетание статических и динамических оценок, а также методы построения схемы формирования инновационной среды – наблюдения, анализа и группировки.

Основная часть. Управление инновационной средой региона предполагает идентификацию факторов, оказывающих положительное и отрицательное влияние на формирование элементов инновационной среды по различным классификационным признакам.

Полагая, что инновационная среда – это определенные условия, окружающие участников инновационной деятельности и определяющие степень готовности общества к изменениям и внедрению инновации, а также эффективность использования инновационного потенциала и инновационной активности, выделим следующие основные компоненты инновационной среды:

- инновационная инфраструктура;
- инновации;
- инвесторы;
- производители и потребители инновационной продукции;
- наука и научно-производственные кластеры;
- эксперты инновационной деятельности;
- нормативно-правовое регулирование.

Вопрос выделения факторов объясняется потребностями различных участников инновационной деятельности. К факторам формирования инновационной среды можно отнести следующие [4]:

- коммуникации;
- институты;
- политика;
- инвестиции;
- законодательство;
- сфера образования;
- менеджмент.

Анализ отечественной и зарубежной литературы в области инноватики и инновационного развития позволяет выделить различные группы факторов: внешние и внутренние относительно инновационной деятельности, объективные и субъективные, сдерживающие и способствующие.

К факторам внешней среды относятся политико-правовая, социальная и финансовая сферы, уровень маркетинга, природно-географические условия, система государственных, региональных льгот и дотаций, инвестиционный и инновационный климат, которые, с одной стороны, представляют собой неотъемлемую часть инновационной среды, а с другой, внешними по отношению к ней факторами [5, 6]. На примере Ульяновской области Е.А. Качагиным и А.А. Гончаровой произведена апробация определенного набора факторов, условно разделенного на два блока, положительно или отрицательно влияющих на состояние инновационной среды [7] (табл. 1).

Несмотря на свойство открытости инновационной системы, восприятие инноваций является субъективным фактором, влияющим на рост образовательного уровня населения. Результаты анализа внешней и внутренней среды являются

необходимым отправным пунктом при разработке стратегии инновационного развития строительной отрасли, направленной на выявление угроз со стороны макро- и микроокружения компании, а также сокращение издержек производства. Процесс управления инновационной средой предполагает оценку ее значимости, которую можно определить по следующей формуле [8]:

$$ИС = \sum_{i=1}^n \alpha_i l_i \quad (1)$$

где ИС – некая комплексная характеристика инновационной среды; n – число учитываемых составляющих, определяющих основные характеристики инновационной среды; l_i – i -тая составляющая инновационной среды; α_i – весовой коэффициент i -той составляющей инновационной среды ($\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$).

Таблица 1

Факторы, оказывающие положительное и отрицательное влияние на состояние инновационной среды

Сдерживающие факторы	Способствующие факторы
высокий уровень налогов	стимулирование рядовых сотрудников к экономии
недостаток кредитов, займов	целевые налоговые льготы предприятиям, внедряющим инновации
низкий уровень государственных расходов на развитие науки и технологий	общее облегчение налогового бремени
недостаток квалифицированных кадров	увеличение финансовой поддержки от государства
недостаток государственной поддержки предпринимательства	государственная поддержка инновационно активных предприятий маркетинговой информацией
высокие издержки внедрения инноваций	либерализация трудового законодательства
конкуренция со стороны иностранных компаний	развитие взаимодействия предпринимателей с вузами по разработке новых продуктов
низкий платежеспособный спрос на новые продукты	развитость инновационной инфраструктуры

Стратегия инновационного развития представляет собой следующее:

- определение инновационных целей;
- оценку технологической инфраструктуры;
- оценку институциональной, информационной и политической обеспеченности;
- анализ трудовых ресурсов и интеллектуального потенциала.

и предполагает разработку и реализацию программ развития инновационной среды, опираясь на следующие критерии:

- степень эффективности используемой стратегии;
- корректировка показателей в зависимости от степени реализации инновационной цели;
- степень управленческого совершенства.

Методологической основой оценки инновационной среды является необходимость выделения основных принципов организации исследования объекта. Как и любая другая система, инновационная среда является сложноорганизованной динамической системой, с присущими ей специфическими свойствами, целями и элементами. Следовательно, она обладает принципом *системности*.

Необходимость проведения анализа инновационной среды в долгосрочном периоде предполагает *комплексность* взаимосвязи ее подсистем и элементов в рамках конкретной методики

оценки, а также *динамичность*, т.е. изменение во времени.

Различные показатели оценки инновационной среды должны обладать сопоставимостью и согласованностью информации, что означает *корректность* результатов.

Таким образом, формирование инновационной среды происходит на основе следующих принципов:

- системности;
- комплексности;
- динамичности;
- корректности.

Исследование инновационной среды возможно на уровне макро-, мезо- или мезоуровнях, а также на государственном, региональном, отраслевом уровнях и необходимо для достижения следующих целей [9, 10]: 1) формулирование адекватной системы управления инновационной деятельностью определенного поведения на рынке (лидер, аутсайдер, «середнячок»); 2) формирование отношений господства и подчинения между коммерческими и некоммерческими фирмами, определение их целей и оптимальных способов коммуникации.

Методические подходы к оценке инновационной среды появились за рубежом более 30 лет назад и основаны, в основном, на различных об-

щенаучных подходах. Рейтинговый, нормативный, интегральные подходы легли в основу методики расчета суммарного инновационного индекса Нидерландов, методики расчета индекса знаний Всемирного банка, а также национальных методик США и Японии интегральной (комплексной) оценки научно-технического потенциала страны. Среди наиболее распространенных российских методик оценки инновационной активности можно выделить следующие:

- Методика структурного анализа (С.В. Кортов);
- Методика факторного анализа инновационного потенциала (Э.П. Амосенок, В.А. Бажанов);
- Методика расчета индекса знаний (И.С. Ферова, А.В. Чугунов и др.);
- Методика регрессионного анализа (Т.А. Штерцер).

Оценка инновационной среды, на наш взгляд, должна проводится комплексно на основе группировки основных показателей с применением экспертных методов оценки. Таковыми кластерами могут выступать следующие:

- кластер инновационного климата;
- кластер инновационной инфраструктуры;
- кластер инновационного менталитета;
- кластер инновационных институтов и инновационного законодательства;
- кластер общих факторов.

Сумма удельных весов показателей в каждой из групп составляет 100% (или 1). Удельный вес каждого показателя в группе был введен как средняя оценка из оценок важности каждого показателя, полученная от всех респондентов.

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n)/n \quad (2)$$

$$\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n)/n \quad (3)$$

и т.д. по каждому показателю.

Экспертный метод оценки предлагаемой методики заключается в следующем. Во-первых, необходимо отобрать показатели и регион для анализа. Во-вторых, провести анкетирование, опираясь на предложенные блоки, предварительно подготовив анкеты для респондентов. В-третьих, произвести расчет каждой интегрированной группы, исходя их формулы суммирования значений средневзвешенных показателей:

$$I_1 = \sum Y(Z, W \dots)p_1 \quad (4)$$

$$I_2 = \sum H(F, G \dots)p_1 \quad (5)$$

где Yp_1, Zp_1, Wp_1 и т.д. – взвешенное значение частных показателей оценки в группе.

Выводы. Таким образом, анализируя проблематику принципов и факторов формирования

инновационной среды можно сделать следующие выводы. Комплексная оценка инновационной среды позволяет:

- проанализировать тенденции развития инновационной деятельности в регионе (государстве, отрасли);
- выявить сильные и слабые стороны принятой инновационной политики;
- разработать систему мониторинга основных показателей состояния элементов инновационной среды;
- улучшить механизм управления и регулирования инновационной политикой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 24 июля 1998 г. N 832 "О Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998–2000 годы"
2. Барышева А.В., Балдин К.В., Передеряев И.И. и др. Инновации. Под общ. ред. д.э.н. проф. А.В. Барышевой. 3-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012, 384 с.
3. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. М.: ГУ ВШЭ, 2000, 606 с.
4. Гутман Г.В., Мироедов А.А., Федин С.В. Управление региональной экономикой. М.: Финансы и статистика, 2001. 176 с.
5. Алексеев А.Н. Инновационный менеджмент. М.: МИЭМП, 2008. 48 с.
6. Нестеров А.А. Инновационная среда экономических систем: структура, оценка и управление // Инновации. Инвестиции, 2012. №9 (45). С. 37.
7. Качагин Е.А., Гончарова А.А. Некоторые перспективы формирования инновационной среды региона (на примере Ульяновской области) // Шумпетеровские чтения. Материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Пермь. 2012. С. 153–157.
8. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Слабинская И.А., Шаповалова Т.Л. Методика оценки и способы повышения эффективности использования инновационного потенциала организации: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 133 с.
9. Чистякова Н.О. Анализ основных теоретических подходов к исследованию инновационной среды региона // Вестник науки Сибири. 2011. №1 (1). С. 447–456.
10. Шлыков В. Экономическая безопасность предприятия // РИСК. 2014. №5. С. 57–63.

Чижова Елена Николаевна, доктор экономических наук, профессор кафедры теории и методологии науки.
E-mail: chizhova_elena@mail.ru, chizhova.en@bstu.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Сорокина Виктория Юрьевна, старший преподаватель кафедры экономики и организации производства.
E-mail: viktoriasorokina@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Веснина Ольга Олеговна, аспирант кафедры теории и методологии науки.
E-mail: sb.rf.31@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Осыченко Екатерина Вячеславовна, аспирант кафедры теории и методологии науки.
E-mail: kootya541@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Поступила в июле 2018 г.

© Чижова Е.Н., Сорокина В.Ю., Веснина О.О., Осыченко Е.В., 2018

Chizhova E.N., Sorokina V.Yu., Vesnin O.O., Osychenko E.V.
**PRINCIPLES AND FACTORS OF THE INNOVATIVE ENVIRONMENT FORMATION
OF CONSTRUCTION PRODUCTION**

Nowadays questions concerning Russia exit from the crisis under the conditions of sanctions from the western countries in the world market are connected with modernizations of economy, development of new spheres with effective use of intellectual and scientific potential. Increase in the standard of living of the population and development of branches of hi-tech construction production assume formation of the economic system of innovative type directed to knowledge, information and innovations. However it is impossible to make innovative and technological break in market economy without creation of the certain conditions allowing the most productive interaction to forces of science, the state and business. The innovative model of economic growth is closely connected with development of innovative environments. Exactly here the new ideas, inventions, research and development turn into a concrete product with new, other than other products, high qualitative properties. The structure and structure of the innovative environment of construction production is created under the influence of various factors of external and internal environment, including long-term state strategic planning, the legislative and standard and legal base, the current level of scientific and technical and industrial development, traditions of society and its relation to changes. The prospects of development of the innovative environment of construction branch are closely connected with development and the solution of strategic problems of economy, the analysis of federal and regional innovative policy. On the basis of the above it is possible to draw a conclusion that studying of structure and structure of the innovative environment, assessment of quality of its functioning are the important and topical issues considered in this article.

Keywords: construction production, factors of the innovative environment, innovative development, construction branch, principles of formation, scientific potential, innovative environment.

REFERENCES

1. The order of the Government of the Russian Federation of July 24, 1998 N 832 "About the concept of innovative policy of the Russian Federation for 1998-2000".
2. Baryshev A.V., Baldin I.I. Innovation: a textbook. Perederei, etc.: under the General editorship of doctor of Economics, Professor A. V. Barysheva.- 3rd ed. M.: Publishing and trading Corporation "Dashkov and K", 2012, 384 p.
3. Castells M. the Information age: economy, society and culture. M. Castells; translated from English. under the scientific, the editorship of O.I. Shkaratan. M.: GU VSHE, 2000, 606 p.
4. Gutman G.V., Miroedov A.A., Fedin S.V., Management of regional economies. M.: Finance and statistics, 2001. 176 p.
5. Alekseev A.N. Innovation management. M.: MIAN, 2008, 48 p.

6. Nesterov A.A. Innovative environment of economic systems: structure, estimation and management. Innovation. Investments, 2012, no. 9 (45), pp. 37.

7. Kachegin E. A., Goncharov A. A. Some prospects of formation of the innovative environment of the region (on the example of Ulyanovsk region). Schumpeter readings. Materials of the 2nd International scientific-practical conference. Perm, 2012, pp. 153–157.

8. Doroshenko Yu.A., Buganova S.M., Slabin-sky A.I., Shapovalov T.L. Methods of assessment and ways of increase of efficiency of use of innovative potential of the organization: monograph. Belgorod: Publishing house of BSTU, 2012, 133 p.

9. Chistyakova N.O. Analysis of the main theoretical approaches to the study of the innovative environment of the region. Bulletin of science of Siberia, 2011, no. 1 (1), pp. 447–456.

10. Shlykov V. Economic security of the enterprise. RISK. 2014, no. 5, pp. 57–63.

Information about the author

Elena N. Chizhova, DSc, Professor.

E-mail: chizhova_elena@mail.ru; chizhova.en@bstu.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Viktoriya Y. Sorokina, Senior lecturer.

E-mail: viktoriya.sorokina@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Olga O. Vesnina, Postgraduate student

E-mail: sb.rf.31@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ekaterina V. Osychenko, Postgraduate student

E-mail: kootya541@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in July 2018

Для цитирования:

Чижова Е.Н., Сорокина В.Ю., Веснина О.О., Осыченко Е.В. Принципы и факторы формирования инновационной среды строительного производства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 152–157. DOI: 10.12737/article_5bab4a2a630aa2.01607329

For citation:

Chizhova E.N., Sorokina V.Yu., Vesnin O.O., Osychenko E.V. Principles and factors of the innovative environment formation of construction production. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 8, pp. 152–157. DOI: 10.12737/article_5bab4a2a630aa2.01607329

Научное издание

**«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 9, 2018 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка С.Ю. Яшкина
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 22.07.18. Подписано в печать 24.08.18. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 17,67. Уч.-изд. л. 19.

Тираж 500 экз. Заказ 338. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 724/4 Гк.

Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».

Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

