Научно-теоретический журнал

Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

ISSN 2071-7318

11

2018

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

№ 11, 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 Благоевич (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 (ЛГТУ, 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. Мещерин (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. Семенцов (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 (MGSU, 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 (MGSU, 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. Strokova (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 publicated.

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

Флорес-Вивиан И., Прадото Р., Моини М., Кожухова М.И., Потапов В.В., Соболев К.Г.
ВЛИЯНИЕ SIO_2-НАНОЧАСТИЦ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ 6
Жегера К.В.
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ СИНТЕЗА ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ 17
Сулейманова Л.А., Fang Jin, Баклаженко Е.В., Ладик Е.И.
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ФАСАДОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕНОВАЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА 21
Борисюк Е.А.
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТОВ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ (ЧАСТЬ 1) 32
Селицкая Н.В., Бодяков А.Н.
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СРОКИ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ГРУНТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ОЧИСТКИ ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА 41
Аляутдинова Ю.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ 47
Волчок Ю.П.
СУММА ТЕХНОЛОГИЙ В.Г. ШУХОВА. У ИСТОКОВ ЧЕТВЕРТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ. 53
Семенцов С.В., Акулова Н.А.
ФОРМИРОВАНИЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ В XVIII ВЕКЕ 61
Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Белых Т.В.
ВОССОЗДАНИЕ ГОРОДА-КРЕПОСТИ ЯБЛОНОВ КАК ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА «БЕЛГОРОДСКАЯ ЧЕРТА» И ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА 76

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Павленко В.И., Черкашина Н.И., Манаев В.А., Сидельников Р.В.
ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ И ТЕРМООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТА С КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ ПРИ ВАКУУМНО-ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ 83
Кочергин Ю.С., Золотарева В.В.
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИГЛИЦИЛОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА И ДИФЕНИЛОЛПРОПАНА 91
Ключникова Н.В., Генов И., Кудина А.Е.
ПОЛИМЕРНОЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО ДЛЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ 99

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Никитина И.П., Каменев С.В., Поляков А.Н.
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗЦОВ С ПОМОЩЬЮ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ 105
Мустафаев И.С., Чубенко Е.Ф.
МОДИФИКАЦИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРУБ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТ ВОЗДУШНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ 114
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А., Ханин С.И.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ ВЫХОДА ЧАСТИЦЫ МАТЕРИАЛА В ТАНГЕНЦИАЛЬНЫЙ ПАТРУБОК ДЕЗИНТЕГРАТОРА 122
Бурый Г.Г., Потеряев И.К., Скобелев С.Б., Ковалевский В.Ф.
РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА С ИЗМЕНЕННОЙ МЕХАНИКОЙ КОПАНИЯ 126
Сахнов А.В., Фоменко Ю.В.
ПУСТОТЕЛАЯ ВИНТОВАЯ СВАЯ 132
Воронков И.Е.
ВЕКТОР ГЛОБАЛЬНЫХ ПРИОРИТЕТОВ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ КАК ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УЧАСТНИКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ 137

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Старикова М.С., Растопчина Ю.Л.
ВЫБОР МОДЕЛИ СОТРУДНИЧЕСТВА С КОРПОРАТИВНЫМИ ПОКУПАТЕЛЯМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 146
Чижова Е.Н., Сорокина В.Ю., Веснина О.О., Осыченко Е.В.
КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА В УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ 156

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Flores-Vivian I., Pradoto R., Moini M., Kozhukhova M.I., Potapov V.V., Sobolev K.G.
THE EFFECT OF SIO_2 NANOPARTICLES ON PERFORMANCE OF CEMENT-BASED MATERIALS 6
Zhegera K.V.
OPTIMIZATION OF SYNTHESIS MODES OF ADDITIVES BASED ON AMORPHOUS ALUMOSILICATES 17
Suleymanova L.A., Fang Jin, Baklazhenko E.V., Ladik E.I.
MODERN MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF FACADE FINISHING IN RECONSTRUCTION AND RENOVATION OF HOUSING 21
Borisyuk E.A.
THE RELATIVE INTERCONNECTION OF COMPONENTS IN MULTICOMPONENT SYSTEMS (PART 1) 32
Selitskaya N.V., Bodyakov A.N.
THE EFFECT OF TEMPERATURE-HUMIDITY TREATMENT IN TERMS OF SOIL CONCRETE STRENGTH BASED ON TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF BALLAST STONE CLEANING 41
Alyautdinova Yu.A.
USING SOLAR ENERGY TO REDUCE THE HEAT LOSS OF THE BUILDING 47
Volchok Y.P.
THE SUM OF TECHNOLOGIES OF V.G. SHUKHOV. AT THE ORIGINS OF THE FOURTH TECHNOLOGICAL REVOLUTION 53
Sementsov S.V., Akulova N.A.
FORMATION OF SAINT-PETERSBURG AGGLOMERATION IN THE XVIII CENTURY 61
Korenkova G.V., Mityakina N.A., Belykh T.V.
RHE RECONSTRUCTION OF WALLED CITY YABLONOV AS CULTURAL AND HISTORICAL OBJECT OF «BELGOROD LINE» CLUSTER AND WOODEN ARCHITECTURE 76

CHEMICAL TECHNOLOGY

Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Manaev V.A., Sidelnikov R.V.
THE CHANGES IN THE MORPHOLOGY AND THERMO-OPTICAL CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITE WITH CRYSTALLINE SILICA UNDER VACUUM-THERMAL EFFECT 83
Kochergin Y.S., Zolotareva V.V.
COMPARATIVE STUDY OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON DIGLYCYLIC DERIVATIVES OF DIPHENYLMETHANE AND DIPHENYLPROPANE 91
Klyuchnikova N.V., Genov I., Kudina A.E.
POLYMERIC SURFACE-ACTIVE SUBSTANCE FOR OIL PRODUCING INDUSTRY 99

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

Nikitina I.P., Kamenev S.V, Polyakov A.N.
METHOD OF MEASURING CUTTERS USING A COORDINATE MEASURING MACHINE IN MANUAL MODE 105
Mustafaev I.S., Chubenko E.F.
MODIFICATION OF WIND TUNNELS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY AND THE RESULTS OF DETERMINATION OF COMPONENT AIR RESISTANCE 114
Semikopenko I.A., Voronov V.P., Belyaev D.A., Hanin S.I.
THE DEFINITION OF THE EXIT PARTICLES OF THE MATERIAL TO THE TANGENTIAL INLET OF THE DIZINTEGRATOR 122
Byryy G.G., Poteryaev I.K., Scobelew S.B., Kovalevskiy V.F.
WORKING EQUIPMENT OF SINGLE-BIT HYDRAULIC EXCAVATOR WITH CHANGED MECHANICS OF COPY 126
Sakhnov A.V., Fomenko Yu.V.
HOLLOW SCREW PILE 132
Voronkov I.E.
THE VECTOR OF GLOBAL PRIORITIES IN THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AS A RELATIVE INDICATOR OF THE RELIABILITY OF POTENTIAL PARTICIPANTS OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS 137

ECONOMIC SCIENCE

Starikova M.S., Rastopchina Y.L.
SELECTING A MODEL OF COOPERATION WITH CORPORATE BUYERS IN THE REGIONAL MARKET OF BUILDING MATERIALS 146
Chizhova E.N., Sorokina V.Yu., Vesnina O.O., Osychenko E.V.
THE CONCEPT OF MONITORING THE MANAGEMENT OF INNOVATIVE INDUSTRIAL ENTERPRISE 156

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI:10.12737/article_5bf7e352d68e96.02791207

[1,2]Флорес-Вивиан И.,[1,3]Прадото Р., [4]Моини М., [1,5]*Кожухова М.И., [6]Потапов В.В, [1]Соболев К.Г.

[1]Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин
P.O. Box 413, Милуоки, WI 53201, США
[2]Автономный университет штата Нуэво Леон
Мексика, 66455, штат Нуэво-Леон
[3]Бандунгский Технологический Институт
Индонезия, Западная Ява, Бандунг, Алан Ганеша, 10
[4]Университет Пёрдью
Восточный Лафайет, штат Индиана, 47907, США
[5]Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
[6]Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН)
Россия, Петропавловск-Камчатский, ш. Северо-Восточное, 30
**E-mail: kozhuhovamarina@yandex.ru*

ВЛИЯНИЕ SiO_2-НАНОЧАСТИЦ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. *В данной статье рассмотрен эффект введения наночастиц SiO_2 в цементные системы на регулирование реологических свойств, повышение реакционной способности цементирующих систем, а также улучшение прочностных характеристик и долговечности цементобетонных композитов. В работе были использованы наночастицы SiO_2, полученные путем сверхтонкой мембранной фильтрации из гидротермальных растворов или методом криохимической вакуум-сублимационной сушки; растворы, обогащенные SiO_2 средой, полученные из скважин Мунтовской гидротермальной станции (Дальний Восток). Структурные характеристики изучаемых наночастиц SiO_2 были исследованы с помощью РЭМ и ИК-спектроскопии. Химические характеристики, а также композиционный состав наночастиц был исследован с помощью РФА-анализа. Показатели удельной поверхности были изучены методом азотной адсорбции БЭТ. На основании проведенного исследования было установлено, что введение гиперпластификатора на основе поликарбоксилата совместно с обработкой ультразвуком может значительно облегчить равномерное распределение наночастиц в водной среде. Установлено, что введение наночастиц SiO_2 снижает водоотделение свежеприготовленной смеси, а также повышает прочностные показатели цементобетонов.*

Ключевые слова: *наночастицы SiO_2, сверхтонкая фильтрация, криохимическая вакуум-сублимационная сушка, портландцемент, тепловыделение при гидратации, удобоукладываемость, предел прочности при сжатии.*

Введение. Задачи улучшения качественных характеристик бетона всегда являются актуальными и могут быть решены на различных размерных уровнях (рис. 1). На макроуровне широко применяется метод оптимизации мелкого и крупного заполнителей с целью снижения количества вяжущего компонента [1–6], а также для повышения характеристик бетонной смеси [7]. Также, введение воздухововлекающих добавок и контроль поровой структуры, как правило, обеспечивает повышение стойкости бетона при циклическом замораживании-оттаивании. Введение микродисперсных химически активных минеральных порошков позволяет регулировать свойства бетона на субмикронном и микронном уровнях, в результате чего обеспечивается набор прочности в более поздние сроки твердения за счет протекания пуццолановых реакций и, как следствие, повышенная долговечность цементобетонов [8]. Эффективным инструментом регулирования свойств на наноуровне является введение в состав бетона различных наноматериалов в виде порошков, фибр и волокон. Огромный интерес вызвало применение наночастиц диоксида кремния SiO_2 в цементобетонных композитах, поскольку был обнаружен их многосторонний положительный эффект. Основываясь на более ранние исследования [4, 5], нано-SiO_2 выступает в качестве модификатора реологических свойств, позволяет повысить реакционную способность микродисперсных минеральных порошков, а также способствует повышению прочностных характеристик и показателей долговечности в цементобетонах.

В последние десятилетия, для повышения прочностных показателей, а также долговечности цементобетона, учеными широко применяются наночастицы SiO_2 [1–3, 9]. Группой ученых [1] был проведен ряд исследований, связанных с изучением влияния коллоидного оксида кремния на процессы гидратации минералов протландцемента алита: (Ca_3SiO_5) [9] и белита (β-Ca_2SiO_4). В ходе исследований было обнаружено, что присутствие наночастиц в системе позволяет ускорить процессы формирования геля гидросиликатов кальция (C-S-H) в течение 24 часов, особенно, при более высоких дозировках нано-SiO_2. Коллепади и др. [2] разработали составы самоуплотняющегося бетона с содержанием нано-SiO_2 в качестве модификатора вязкости и пуццолановой добавки, которые обладают низкими показателями тепловыделения при гидратации.

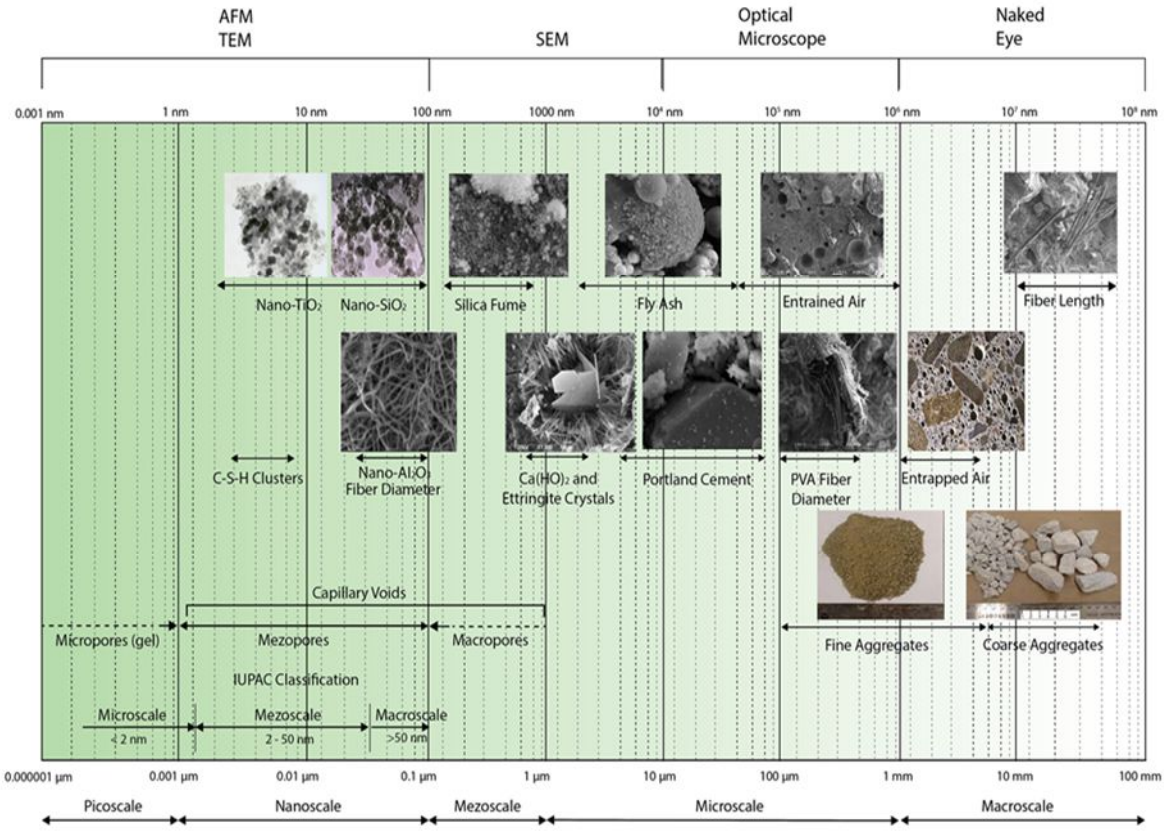


Рис. 1. Размерная шкала в бетоноведении [3]

Также было доказано, что введение нано-SiO_2 в состав литых или самоуплотняющихся бетонов значительно сокращает риск расслоения и водоотделения свежеприготовленной бетоннной смеси. Исследования влияния нано-SiO_2 на формирование портландита $Ca(OH)_2$ показали, что введение нанодобавки позволяет снизить объемное количество, а также размер новообразований портландита, формирующихся в межконтактной зоне, способствуя быстрому набору прочности на ранних сроках твердения [3].

Однако, несмотря на достаточно впечатляющие результаты исследований цементобетонов с использованием наночастиц, их применение в строительной индустрии на сегодняшний день остается ограниченным ввиду высокой стоимости их производства.

Более дешевой и доступной альтернативой наночастиц SiO_2 является коллоидный раствор нанокремнезема, получаемый в результате гидротермальных процессов в земной коре, которые являются одним из широко используемых нетрадиционных источников энергии в виде высокотемпературного пара и воды. Геотермальная станция работает по следующему принципу (рис. 2): поток горячей воды, поднимаясь к поверхности, испаряется, образуя пары, которые направляются к турбинам и генератору с последующей выработкой энергии. Далее, в камере охлаждения пар конденсируется в воду, насыщенную ионами минералов, включая нанокремнезем, который, в последующем, может быть обогащен и пригоден для промышленного применения [12].

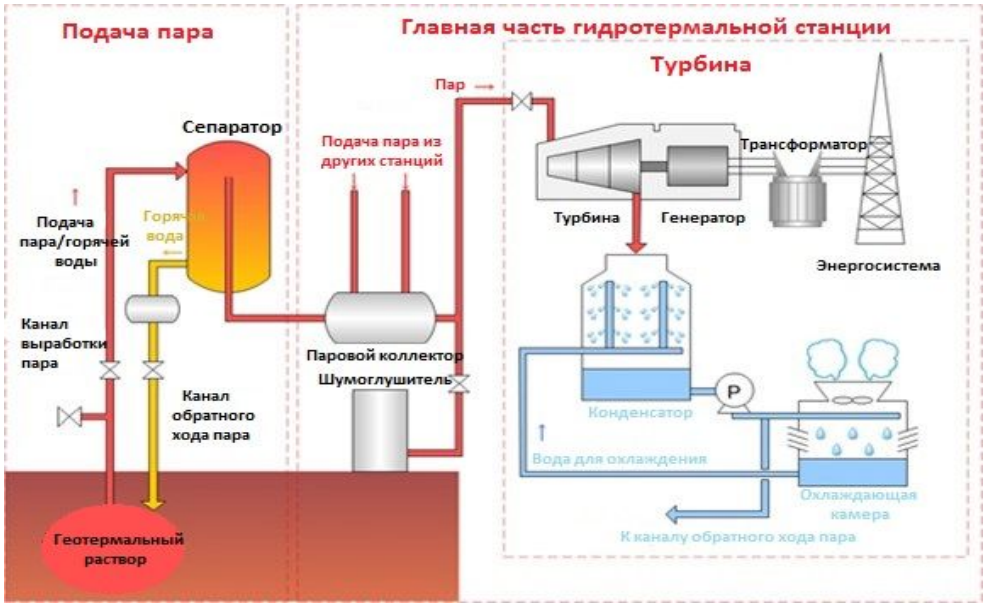


Рис. 2. Процесс экстракции гидротермальных растворов как прекурсоров наночастиц SiO_2

В данной работе, наночастицы SiO_2 были получены путем ультратонкой мембранной фильтрации и изучены на предмет их поведения в цементобетонных композитах. Гидротермальные растворы наночастиц SiO_2 были получены из скважин Мутновской геотермальной станции (Дальний Восток, РФ). Использование гидротермальных растворов, как относительно дешевого природного прекурсора для производства нанокремнезема может в значительной степени снизить стоимость, производства и применения наноматериалов [14].

Методология. Используемые в работе наночастицы SiO_2 были получены из гидротермальных растворов в форме кремниевой кислоты H_4SiO_4. Следует отметить, что в составе необогащенных гидротермальных растворов помимо нано-SiO_2 был обнаружен ряд других веществ, приведенных в таблице 1. В последствии, нанодисперсные порошки были получены из растворов удалением избыточной воды путем фильтрации через мембрану или методом криохимической вакуум-сублимационной сушки с применением жидкого азота [14, 15]. В данной работе использовались 3 типа наночастиц, обогащенных из гидротермальных растоворов, один из которых получен путем ультратонкой мембранной фильтрации в форме золь-геля (образец MB), два других в виде сухих порошков (TB и N2) проиведены методом сублимационной сушки в жидком азоте. Также, с целью сравнения, использовались существующие на рынке наночастицы SiO_2 Cembinder-8 (CB8) производства Eka Chemicals, США.

Таблица 1

Химический состав гидротермальных растворов [18]

Компонент	Na^+	K^+	Li^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{x+}	Al^{3+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	H_3BO_3	SiO_2
Концентрация, мг/л	282	48,1	1,5	2,8	4,7	<0,1	<0,1	251,8	220,9	45,2	61,8	91,8	780

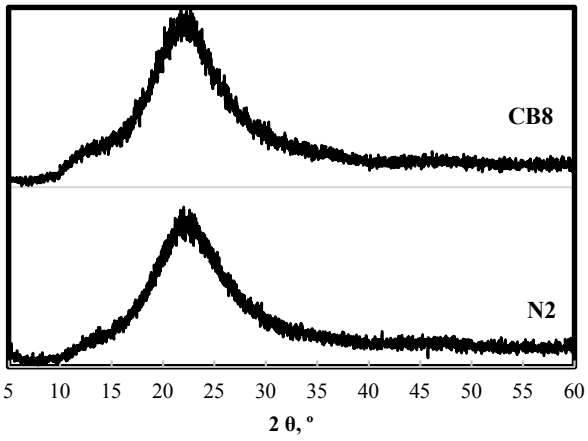
Микроструктурные характеристики исследуемых наночастиц были изучены с помощью метода азотной адсорбции БЭТ (табл. 2) и РФА-анализа, а также с помощью сканирующей электронной микроскопии РЭМ (рис. 3), результаты которых подтверждают наличие аморфной структуры у исследуемых наночастиц.

Таблица 2

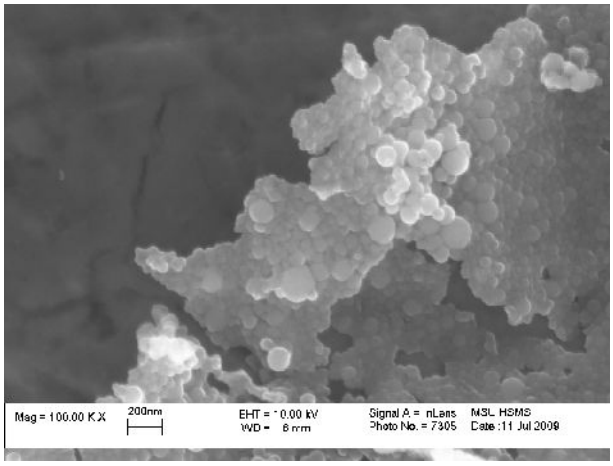
Характеристики наночастиц SiO_2

Внешний вид образца	Маркировка	Концентрация твердой фазы, %	Удельная поверхность (БЭТ), $м^2/г$
Контроль	CB8	52	61
Золь	MB	35	352
Порошок	TB	100	43
	N2	100	228

В качестве вяжущего для приготовления цементобетонных образцов в работе использовался портландцемент CEM I 45.5 производтсва Lafarge, США (табл. 3, 4). В качестве пластифицирующего модификатора был выбран гиперпластификатор Megapol GURS-AC на основе эфира поликарбоксилата (производитель Handy Chemicals, США). При производстве бетонных образцов в качестве заполнителя применялся стандартный фракционированный песок производства Ottawa Silica, а также деонизированная вода использовалась в качестве воды затворения.



а



б

Рис. 3. РФА-спектр (а) и микроструктуры (б) нанопорошка SiO_2 марки N2

Таблица 3

Химический состав ПЦ

Химический состав	Данные согласно стандарту ASTMC150, %	Экспериментальные данные
SiO_2	-	19,8
Al_2O_3	-	4,9
Fe_2O_3	-	2,8
CaO	-	63,2
MgO	≤6,0	2,3
SO_3	≤3,0	2,9
п.п.п.	≤3,0	2,8
Na_2O	-	0,2
K_2O	-	0,5
CO_2	-	1,3
C_3S	-	54,7
C_2S	-	15,5
C_3A	-	8,4
C_4AF	-	8,4
Na_2O	≤0.6	0,57

Таблица 4

Физические свойства ПЦ

Свойства	Данные согласно стандарту ASTMC150	Экспериментальные данные
Плотность, г/см^3	-	3,2
Сроки схватывания, мин		
начало	≥45	165
конец	≤375	257
Предел прочности при сжатии, MPa		
1 сутки	-	12,1
3 суток	12.0	21,7
7 суток	19.0	28,3
28 суток	28.0	36,5

Диспергация частиц нанокремнезема производилась с помощью ультразвукового устройства Hielscher UIP1000hd в присутствии гиперпластификатора.

Учитывая тот факт, что гидратация цемента – это экзотермический процесс, который интенсифицируется в присутствии химических и минеральных активных добавок, в работе производился мониторинг выделения теплоты гидратации для всех образцов в течение 72 часов при температуре 21±1 °C с помощью калориметра TAM Air (TA Instruments, США). Выходные данные прибора оценивались на предмет времени начала и конца схватывания, прироста ранней прочности, а также влияния наночастиц. Считается, что время начала схватывания происходит, когда изотермическая кривая начитает расти от 0 в сторону положительных значений, а время конца схватывания будет достигнуто в первой точке перегиба параболической кривой [20].

Приготовленные цементобетонные составы также испытывались на удобоукладываемость (согласно стандарту ASTM C1437, 2007) [21],

предел прочности при сжатии и на растяжение при изгибе (согласно стандартам ASTMC109, 2007 и IS 5816) [20–25].

Основная часть. Для диспергации частиц нанокремнезема пластифицирующий модификатор был предварительно смешан с водой до образования гомогенного раствора. Полученный водный раствор затем был подвержен двух стадийной ультразвуковой обработке в течение 30 секунд для достижения более полного распределения модификатора. Далее, частицы нанокремнезема вводились в раствор и подвергались ультразвуковой обработке в течение 6 минут. С целью предотвращения перегрева, емкость с диспергируемым раствором была помещена в контейнер с периодически циркулируемыми холодной водой и льдом.

В процессе приготовления, часть от общего объема гиперпластификатора растворили в 2/3 частях воды с последующим добавлением (при необходимости) в раствор наночастиц SiO_2 (CB8) и интенсивным перемешиванием в течение 3 минут.

Процесс приготовления контрольных составов цементобетонных образцов сопровождался постепенным введением в смеситель цемента и мелкого заполнителя с последующим перемешиванием всех ингредиентов в течение 1 минуты. Затем, приготовленный заранее водный раствор нанокремнезема вводился в бетонную смесь с последующим 3-х минутным перемешиванием. После этого, в систему вводилось оставшееся количество воды (при необходимости, с содержанием дополнительного количества гиперпластификатора) и, затем, бетонная смесь подвергалась перемешиванию еще 3 минуты. Таким образом, общее время перемешивания составило 6 минут.

В рамках исследования дозировка всех видов нанокремнезема была постоянной и составила 0,25 % от массы цемента (по сухому веществу) для обеспечения возможности сравнения характеристик цементобетонов контрольных составов и с содержащих наночастицы SiO_2. В/Ц и Ц/П соотношения приняты 0,3 и 1, соответственно, с дозировкой гиперпластификатора 0,15 от массы цемента (по сухому веществу).

Свойства свежеприготовленных цементобетонных смесей.

Удобоукладываемость цементобетонной смеси определялась для всех составов, результаты которых приведены в таблице 5. Контрольный состав, наряду с другими исследуемыми аналогами, показал наиболее высокие значения. Введение водной дисперсии нанокременезема при дозировке 0,25 % оказало значительное влияние на реолигические характеристики цементобетонных смесей. Согласно данным азотной адсорбции БЭТ, нанокремнезем марки CB8, который часто используется в качестве модификатора вязкости, обладает минимальным значением удельной поверхности среди остальных (табл. 2). Несмотря на это, наночастицы хорошо диспергируются в воде и имеют высокую водопотребность, что является причиной более низкой удобоукладываемости растворов при одинаковом В/Ц для всех составов мелкозернистого бетона. Наночастицы кремнезема марки TB в виде порошка продемонстрировали наименьший эффект на удобоукладываемость. Скорее всего, это связано с малой площадью удельной поверхности. Необходимо отметить, что наночастицы марки N2 в большей степени сказываются на показателях водопотребности по сравнению с остальными исследуемыми наночастицами SiO_2. Высокое значение удельной поверхности, а также повышенная степень агломерации и, поэтому, слабая дисперсионная способность могут быть причиной незначительного снижения водопотребности растворов с содержанием добавки N2. Ввиду максимальной, среди остальных видов наночастиц, удельной поверхности добавки MB, теоретически, бетонные растворы с ее содержанием обеспечивают наиболее низкие показатели по удобоукладываемости. Однако, по результатам эксперимента, данное предположение не подтвердилось.

Кинетика гидратации цементобетонных растворов.

Влияние частиц нанокремнезема TB, MB, N2 и CB8, полученных из гидротермальных растворов, на кинетику гидратации цементобетонных смесей была изучена путем мониторинга теплоты гидратации в изотермальном калориметре, используя в сравнительных целях контрольный состав (рис. 5). Выходные данные калориметра использовались для определения сроков схватывания, а также количества тепла, выделившегося во время гидратации (табл. 5).

Из таблицы 5 видно, что введение нано-SiO_2 марок MB и N_2 в цементную систему инициирует сокращение сроков схватывания из-за ускоренной кинетики гидратации. В свою очередь, содержание добавок CB8 и TB, наоборот, приводит к увеличению этого показателя.

Для контрольного состава, а также для состава, содержащего добавки CB в цементобетонном растворе, первый и второй пики тепловыделения, которые характеризуют гидратацию алита и алюмината кальция, были отмечены в возрасте 10,5 и 14 часов после водозатворения (рис. 5, 6).

По данным тепловыделения (рис. 5, 6) было выявлено, что введение порошкообразных наночастиц N2 и TB оказывают значительный эффект

на теплоту гидратации. Так, наночастицы N2 стимулирут значительное тепловыделение. Увеличение скорости гидратации алита C_3S может быть связано с высокой активной удельной поверхностью частиц нанодобавки, что, в свою очередь, ведет к ускорению процессов формирования геля гидросиликатов кальция (C-S-H). Таким образом, введенные наночастицы также играют роль центров кристаллизации. Для составов с содержанием добавки N2 первый и второй пики тепловыделения, относящиеся к гидратации алита (C_3S) и алюмината кальция (C_3A), были зафиксированы после 10 и 14 часов затворения цементной системы водой (рис. 6). Для составов, содержащих нанодобавку N2, скорость выделения тепла в среднем на 5 % выше, чем для композиции с содержанием нанодобавки CB, как приведено в таблице 4. Для растворов с содержанием наночастиц TB первый пик алита был обнаружен после 11,3 часов и второй пик алюмината кальция – после 15 часов твердения. Следует также отметить, что введение золя наночастиц MB привело к замедлению гидратации алита, но, в тоже время, ускорению гидратации алюминатов кальция. В дополнении к тому, для данного состава было отмечено сокращение сроков схватывания в сравнении с контрольным составом.

Таблица 5

Влияние нано-SiO_2 на кинетику гидратации цементобетонных растворов

Образец	Удобоукладываемость, %	Сроки схватывания, мин		Максимальная теплоотдача				Энергия гидратации, Дж/г	
				C_3S		C_3A			
		начало	конец	Теплота гидратации, млВт/г	Время гидратации, ч	Теплота гидратации, млВт/г	Время гидратации, ч	24 ч	Σ
Контроль	95	102	408	3,90	10,5	3,43	13,7	126	170
CB8	79	132	420	3,90	10,7	3,33	14,4	130	170
MB	83	102	396	3,77	10,8	4,14	12,9	132	175
TB	93	150	420	3,66	11,3	3,36	14,8	126	166
N2	71	132	384	4,12	10,3	3,75	13,8	142	178

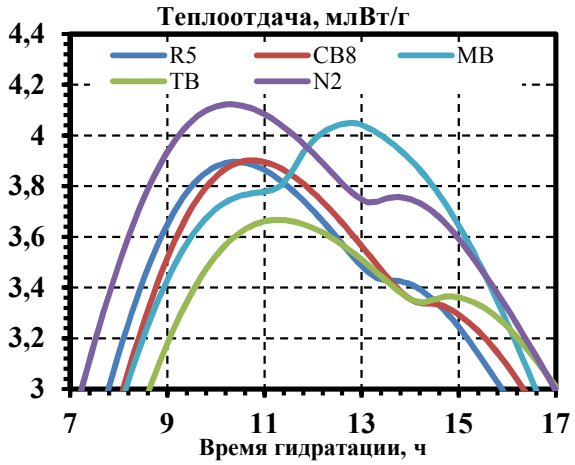


Рис. 5. Влияние нано-SiO_2 на тепловыделение цементобетонных растворов

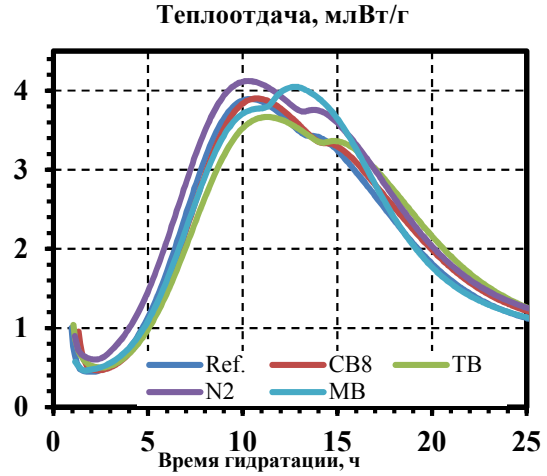


Рис. 6. Смещение скачков тепловыделения при гидратации алита и алюмината кальция при введении нано-SiO_2

Анализ механических характеристик.

Характеристики прочности на сжатие и изгиб для цементобетонных растворов с содержанием наночастиц SiO_2, испытанных в разные сроки твердения, приведены на рисунке 8. В 28-суточном возрасте образцы, содержащие наночастицы SiO_2 марки MB, показали самую высокую прочность на сжатие, которая составила 110 МПа. За первые сутки, образцы с добавками MB и N2 продемонстрировали некоторое повышение прочности, что соответствует 12 %-му и 19 %-му повышению прочностных показателей в сравнении с контрольным составом, соответственно.

Выводы. На основании результатов проведенного исследования можно сделать вывод о том, что использование наночастиц SiO_2, полученных из гидротермальных растворов в составе

цементобетонов, позволяет значительно улучшить ряд их характеристик.

Методом рентгеновской дифракции, а также с помощью электронной микроскопии было выявлено, что наночастицы SiO_2 имеют аморфную или рентгеноаморфную структуру, что позволяет судить об их высоком реакционном потенциале.

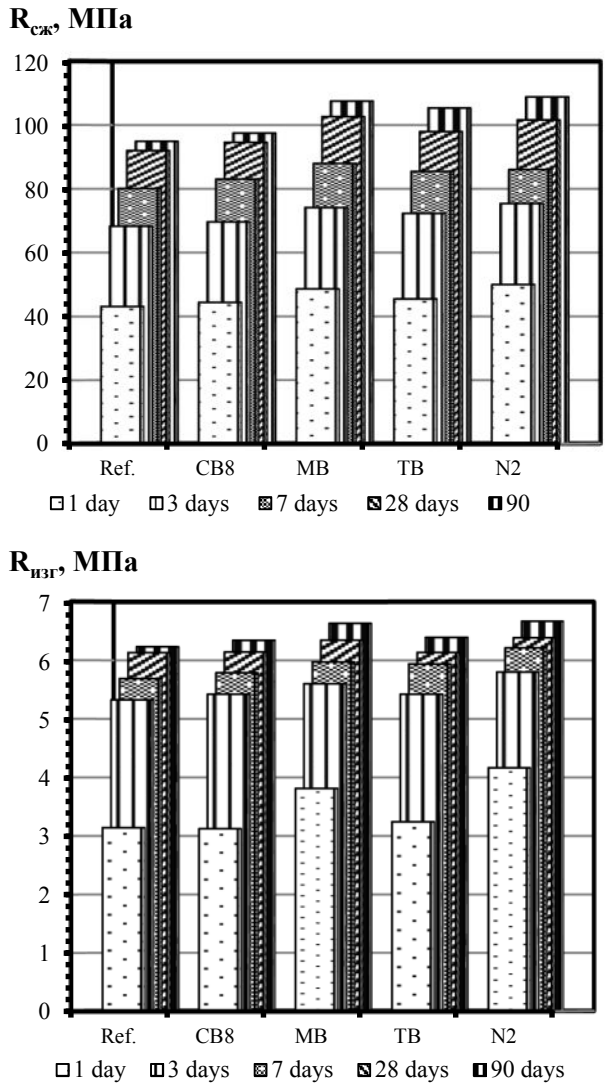


Рис. 8. Прочностные характеристики цементобетонных растворов с содержанием нано-SiO_2

Скорость гидратации цемента увеличивается за счет хорошо развитой удельной поверхности нано-SiO_2 и их хорошей дисперсионной способности в водных системах. Скорость гидратации алита C_3S может быть напрямую связана с площадью активной удельной поверхности наночастиц. По результатам исследований установлено, что развитая удельная поверхность частиц нанокремнезема, которые могут служить центрами кристаллизации, способствует ускорению формирования C-S-H геля, ввиду того, что более мелкие частицы реагируют гораздо активнее, по сравнению с более крупными. Это заключение объясняет тот факт, что при введении нано-SiO_2 в цементную систему наблюдается сокращение сроков схватывания из-за ускоренной кинетики гидратации.

Добавки нанокремнезема в форме порошка имеют более развитую удельную поверхность, и, таким образом, способствуют ускорению гидратационных процессов цемента, что приводит к раннему набору прочности.

Также следует отметить, что наночастицы SiO_2, являясь пуццолановым компонентом, участвуют в пуцолланoвых реакциях на более поздних сроках твердения и могут служить в качестве модификатров структуры и морфологии продуктов C-S-H. Как результат подобной модификации – более плотная структура и повышенные механические свойства цементобетонов.

Введение нанокремнезема при достаточно малой дозировке (до 0,25 % от массы ПЦ) в комбинации с 0,15 % гиперпластификатора обеспечивает до 10 % прироста прочности цементобетонов в любом возрасте твердения.

Источник финансирования. *Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования на базе Центра Высоких Технологий, БГТУ им. В.Г. Шухова, Стипендия Президента РФ на 2018–2020 гг.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Björnström J., Panas I. Antagonistic effect of superplasticizer and colloidal nano-silica in the hydration of alite and belite pastes // Journal of Materials Science. 2007. 11(42): 3901–3907.

2. Collepardi M., Ogoumah J., Skarp U., Troli R. Influence of Amorphous Colloidal Silica on the Properties of Self-Compacting Concretes // In: Proceedings of the International Conference, Challenges in Concrete Construction- Innovations and Developments in Concrete Materials and Construction, Dundee, UK. 2002.

3. Ismael Flores-Vivian, Rani GK Pradoto, Mohamadreza Moini, Marina Kozhukhova, Vadim Potapov, Konstantin Sobolev The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials // Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. 11 (4): 436–445.

4. Flores-Vivian I., Sobolev K., Torres-Martinez L., Cuellar E., Valdez P., Zarazua E. Performance of Cement Systems with Nano- SiO_2 Particles Produced Using Sol-gel Method // Transportation Research Record. 2010. 1: 10–14.

5. Sobolev K. Modern developments related to nanotechnology and nanoengineering of concrete // Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2016. 10(2): 131–141

6. Potapov V., Shitikov E., Trutnev N., Gorbach V., Portnyagin N. Influence of Silica Nanoparticles on the Strength Characteristics of Cement Samples // Glass Physics and Chemistry. 2001. 1(37): 98–105.

7. Moini M., Flores-Vivian I., Amirjanov A., Sobolev K. The optimization of aggregate blends for sustainable low cement concrete // Construction &Building Materials. 2015. 93: 627–634.

8. Flores-Vivian I., Pradoto R., Moini M., Sobolev K. The use of nanoparticles to improve the performance of concrete // In: Nano Conference, Brno, Czech Republic, EU, 2013.

9. Björnström J., Martinelli A., Matic A., Börjesson L., Panas I. Accelerating effects of colloidal nano-silica for beneficial calcium–silicate–hydrate formation in cement // Chemical Physics Letters. 2004. 392(1–3): 242–248

10. Jansson I., Skarp U., Bigley C. The value of colloidal silica for enhanced durability in high fluidity cement based mixes // In: the 5 International RILEM symposium on self-compacting concrete, 2007.

11. Gawell K. Can Geothermal Energy Offset Global Warming? // Renewable Energy News & Information, 2008.

12. Sobolev K. Nanotechnology and Nanoengineering of Construction Materials // In: Nanotechnology in Construction, Proceedings of NICOM5, 2015. 3–13.

13. Kagel A. The State of Geothermal Technology. Part II: Surface Technology. Geothermal Energy Association, 2008.

14. Kutepov A., Potapov V. Movement and mass exchange of liquid drop in spinned flow of geothermal medium. Tear. Osnovy Khim. Tekh., 2000. 34(2).

15. Brazhnikov S., Generalov M., Taitnev N. Vacuum Sublimation Technique for Preparing Ultradispersed. Powders of Inorganic Salts. Khim. Mashinoslr. (Moscow), 2004. 12: 12–15.

16. ASTM C778. American Society for Testing and Materials. Standard specification of standard sand, 2006. 372–374.

17. Zhuravlev L. The surface chemistry of amorphous silica. Zhuravlev model. Colloids and Surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects, 2000. 173(1): 1–38.

18. ASTM C1679 – 09. American Society for Testing and Materials. Standard Practice for Measuring Hydration Kinetics of Hydraulic Cementitious Mixtures Using Isothermal Calorimetry, 2009.

19. Applications. Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, 2007.

20. Muzenski S., Flores-Vivian I., Sobolev K. Hydrophobic engineered cementitious composites for highway applications // Cement and Concrete Composites. 2015. 57: 68–74.

21. ASTM C1437-07. American Society for Testing and Materials. Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar, 2007. 611–612.

22. ASTM C109-07. American Society for Testing and Materials. Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in or 50-mm Cube Specimens), 2007. 64–68.

23. IS 5816:1999. Splitting tensile strength of concrete-Method of Test, Bureau of Indian standards, 1999.

24. Quercia G., Spiesz P., Husken G., Brouwers J. Effects of amorphous nano-silica additions on mechanical durability performance of SCC mixtures // In: International Congress on Durability of Concrete, Trondheim, Norway, 2012.

25. Sobolev K., Lin Z., Flores-Vivian I., Pradoto R. Nano-Engineered Cements with Enhanced Mechanical Performance // Journal of the American Ceramic Society. 2016. 99(2): 564–572.

Информация об авторах

Флорес-Вивиан Исмаэль, PhD, научный сотрудник кафедры гражданского строительства и охраны окружающей среды. E-mail: ismaelfv1975@gmail.com.Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин, США, P.O. Box 413, Милуоки, WI 53201, США. Автономный университет штата Нуэво-Леон. 66455, штат Нуэво-Леон, Мексика.

Прадото Рани, PhD. E-mail: rpradoto@gmail.com. Бандунгский Технологический Институт, Бандунг, 40132, Индонезия. Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин, США, P.O. Box 413, Милуоки, WI 53201, США.

Моини Мохамадреза, PhD. E-mail: mmoini@purdue.edu. Университет Пёрдью Восточный Лафайет, штат Индиана, 47907, США. Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин. P.O. Box 413, Милуоки, WI 53201, США.

Кожухова Марина Ивановна, кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры гражданского строительства и охраны окружающей среды, Школа инжиниринга и прикладных наук, инженер кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: kozhuhovamarina@yandex.ru. Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин. P.O. Box 413, Милуоки, WI 53201, США. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Потапов Вадим Владимирович, доктор технический наук, профессор, заведующий лабораторией геохимии кремния в современном геотермальном процессе. E-mail: vadim_p@inbox.ru. Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН). Россия, 683002, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, а/я 56.

Соболев Константин Геннадиевич, PhD, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой гражданского строительства и охраны окружающей среды, Школа инжиниринга и прикладных наук. E-mail: k.sobolev@gmail.com. Университет Висконсин-Милуоки, штат Висконсин. P.O. Box 413, Милуоки, WI 53201, США.

Поступила в сентябе 2018 г.
© Флорес-Вивиан И., Прадото Р., Моини М., Кожухова М.И., Потапов В.В., Соболев К.Г., 2018

[1,2]Flores-Vivian I., [1,3]Pradoto R., [4]Moini M., [1,5]*Kozhukhova M.I., [6]Potapov V.V., [1]Sobolev K.G.

[1]University of Wisconsin-Milwaukee
USA, WI 53211, Milwaukee, 3200 N Cramer Street
[2]Universidad Autónoma de Nuevo León
Pedro de Alba s/n, San Nicolás de Los Garza, Nuevo León
[3]Universitaria, San Nicolás de los Garza
66455, Nuevo León México
[4]Bandung Institute of Technology
Jalan Ganesha 10, Bandung, West Java, Indonesia
[5]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
[6]Far East Branch of Russian Academy of Science,
Russia, 683002, Petropavlovsk-Kamchatsky, sh. Severo-Vostochnoye, 30
**E-mail: kozhuhovamarina@yandex.ru*

THE EFFECT OF SIO_2 NANOPARTICLES ON PERFORMANCE OF CEMENT-BASED MATERIALS

Abstract. *The study was focused on the effect of nanoparticles of SiO_2 in cement systems on rheological behavior, reactivity of supplementary cementitious materials, and also the strength and durability performance.*

In this research, low-cost nano-SiO_2 particles from natural hydrothermal solutions obtained by membrane ultrafiltration and, optionally, by cryochemical vacuum sublimation drying, were evaluated in portland cement based systems. The SiO_2-rich solutions were obtained from the wells of Mutnovsky geothermal power station (Far East of Russia). Structural parameters of nano-SiO_2 particles were characterized by X-Ray Diffraction (XRD) and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy techniques. Chemical composition of nano-SiO_2 particles was studied with XRF-analysis. Specific surface area was measured by BET Surface Area technique. Obtained results demonstrated that the addition of polycarboxylate ether superplasticizer and the dispersion treatment using an ultrasound processor can be used to facilitate the distribution of nano-SiO_2 particles in the mixing water. It was demonstrated that the use of nano-SiO_2 particles can reduce the segregation and improve strength properties.

Keywords: *nano-SiO_2 particles, ultrafiltration, cryochemical vacuum sublimation drying, portland cement, heat of hydration, flow, compressive strength.*

REFERENCES

1. Björnström J., Panas I. Antagonistic effect of superplasticizer and colloidal nano-silica in the hydration of alite and belite pastes. Journal of Materials Science, 2007, 11(42), pp. 3901–3907.

2. Collepardi M., Ogoumah J., Skarp U., Troli R. Influence of Amorphous Colloidal Silica on the Properties of Self-Compacting Concretes. In: Proceedings of the International Conference, Challenges in Concrete Construction- Innovations and Developments in Concrete Materials and Construction, Dundee, UK, 2002.

3. Ismael Flores-Vivian, Rani GK Pradoto, Mohamadreza Moini, Marina Kozhukhova, Vadim Potapov, Konstantin Sobolev. The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials. Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017, 11(4), pp. 436-445.

4. Flores-Vivian I., Sobolev K., Torres-Martinez L., Cuellar E., Valdez P., Zarazua E. Performance of Cement Systems with Nano- SiO_2 Particles Produced Using Sol-gel Method. Transportation Research Record, 2010, 1, pp. 10–14.

5. Sobolev K. Modern developments related to nanotechnology and nanoengineering of concrete. Frontiers of Structural and Civil Engineering, 2016, 10(2), pp. 131–141.

6. Potapov V., Shitikov E., Trutnev N., Gorbach V., Portnyagin N. Influence of Silica Nanoparticles on the Strength Characteristics of Cement Samples. Glass Physics and Chemistry, 2001, 1(37): 98–105.

7. Moini M., Flores-Vivian I., Amirjanov A., Sobolev K. The optimization of aggregate blends for sustainable low cement concrete. Construction &Building Materials, 2015, 93, pp. 627–634.

8. Flores-Vivian I., Pradoto R., Moini M., Sobolev K. The use of nanoparticles to improve the performance of concrete. In: Nano Conference, Brno, Czech Republic, EU, 2013.

9. Björnström J., Martinelli A., Matic A., Börjesson L., Panas I. Accelerating effects of colloidal nano-silica for beneficial calcium–silicate–hydrate formation in cement. Chemical Physics Letters, 2004, 392(1–3), pp. 242–248.

10. Jansson I., Skarp U., Bigley C. The value of colloidal silica for enhanced durability in high fluidity cement based mixes. In: the 5 International RILEM symposium on self-compacting concrete, 2007.

11. Gawell K. Can Geothermal Energy Offset Global Warming? Renewable Energy News & Information, 2008.

12. Sobolev K. Nanotechnology and Nanoengineering of Construction Materials. In: Nanotechnology in Construction, Proceedings of NICOM5. 2015, pp. 3–13.

13. Kagel A. The State of Geothermal Technology Part II: Surface Technology. Geothermal Energy Association, 2008.

14. Kutepov A., Potapov V. Movement and mass exchange of liquid drop in spinned flow of geothermal medium. Tear. Osnovy Khim. Tekh., 2000, 34(2).

15. Brazhnikov S., Generalov M, Taitnev N. Vacuum Sublimation Technique for Preparing Ultradispersed Powders of Inorganic Salts. Khim. Mashinoslr. (Moscow), 2004, 12, pp. 12–15.

16. ASTM C778. American Society for Testing and Materials. Standard specification of standard sand, 2006, pp. 372–374.

17. Zhuravlev L. The surface chemistry of amorphous silica. Zhuravlev model. Colloids and Surfaces. A, Physicochemical and Engineering Aspects, 2000, 173(1), pp. 1–38.

18. ASTM C1679–09. American Society for Testing and Materials. Standard Practice for Measuring Hydration Kinetics of Hydraulic Cementitious Mixtures Using Isothermal Calorimetry, 2009.

19. Applications. Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, 2007.

20. Muzenski S., Flores-Vivian I., Sobolev K. Hydrophobic engineered cementitious composites for highway applications. Cement and Concrete Composites, 2015, pp. 57: 68–74.

21. ASTM C1437-07. American Society for Testing and Materials. Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar, 2007, pp. 611–612.

22. ASTM C109-07. American Society for Testing and Materials. Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in or 50-mm Cube Specimens), 2007, pp. 64–68.

23. IS 5816:1999. Splitting tensile strength of concrete- Method of Test, Bureau of Indian standards, 1999.

24. Quercia G., Spiesz P., Husken G., Brouwers J. Effects of amorphous nano-silica additions on mechanical durability performance of SCC mixtures. In: International Congress on Durability of Concrete, Trondheim, Norway, 2012.

25. Sobolev K., Lin Z., Flores-Vivian I., Pradoto R. Nano-Engineered Cements with Enhanced Mechanical Performance. Journal of the American Ceramic Society, 2016, 99(2), pp. 564–572.

Information about the authors

Flores-Vivian Ismael, PhD, E-mail: ismaelfv1975@gmail.com. University of Wisconsin-Milwaukee. 3200 N Cramer Street, Milwaukee, WI 53211, USA. Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, 66455 Nuevo León, México.

Pradoto Rani, PhD. E-mail: rpradoto@gmail.com. Bandung Institute of Technology, Bandung, 40132, Indonesia. University of Wisconsin-Milwaukee. P.O. Box 413, Milwaukee, WI 53201, USA.

Moini Mohamadreza, PhD. E-mail: mmoini@purdue.edu. Purdue University at West Lafayette, IN 47907, USA. University of Wisconsin-Milwaukee. P.O. Box 413, Milwaukee, WI 53201, USA.

Kozhukhova, Marina I. PhD, Post-Doctoral Associate. E-mail: kozhuhovamarina@yandex.ru. University of Wisconsin-Milwaukee. 3200 N Cramer Street, Milwaukee, WI 53211, USA. Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostukov, 46.

Potapov, Vadim V. PhD, professor, Head of Laboratory, Geotechnological Research Center. E-mail: vadim_p@inbox.ru. Far East Branch of Russian Academy of Science. Russia, 683002, Kamchatka Krai, Petropavlovsk-Kamchatsky, Severo-Vostochnoye highway, 30, Box 56.

Sobolev, Konstantin G. PhD, professor. E-mail: k.sobolev@gmail.com. University of Wisconsin-Milwaukee. P.O. Box 413, Milwaukee, WI 53201, USA.

Received in Semtember 2018

Для цитирования:
Флорес-Вивиан И., Прадото Р., Моини М., Кожухова М.И., Потапов В.В., Соболев К.Г. Влияние SiO_2-наночастиц на свойства цементных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 6–16. DOI:10.12737/article_5bf7e352d68e96.02791207

For citation:
Flores-Vivian I., Pradoto R., Moini M., Kozhukhova M.I., Potapov V.V., Sobolev K.G. The effect of SiO_2 nanoparticles on performance of cement-based materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 6–16. DOI:10.12737/article_5bf7e352d68e96.02791207

DOI:10.12737/article_5bf7e353db5229.24492197

[1,*]Жегера К.В.
[1]Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, Пенза, ул. Г. Титова, д. 28
*E-mail: jegera@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ СИНТЕЗА ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

Аннотация. *В настоящее время на российском рынке преобладают модифицирующие добавки для сухих строительных смесей зарубежных производителей. В связи с этим, актуальной задачей строительного материаловедения является разработка модифицирующих добавок для сухих строительных смесей отечественного производства. Разработка таких добавок позволит снять зависимость от зарубежных поставок и снизить себестоимость сухих строительных смесей без снижения их эксплуатационных свойств. В ходе исследований установлена возможность применения аморфных алюмосиликатов в рецептуре известковых сухих строительных смесей в качестве структурообразующей добавки. Для эффективного применения разработанной модифицирующей добавки подобрано оптимальное соотношение твердой: жидкой фаз и время синтеза добавки с применением метода планирования эксперимента. С помощью полученной квадратичной модели произведен расчет прочности при сжатии известковых образцов с предлагаемой добавкой на основе аморфных алюмосиликатов.*

Ключевые слова: *аморфные алюмосиликаты, сухие строительные смеси, модифицирующие добавки, оптимизация.*

Введение. Современным направлением в области строительного материаловедения является разработка строительных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами. Этого можно добиться за счет целенаправленного формирования структуры материала путем введения в его структуру различного вида модифицирующих добавок [1, 2].

В России представлена широкая номенклатура модифицирующих добавок для сухих строительных смесей (ССС), но, подавляющее большинство – импортного производства. В связи с этим, для расширения номенклатуры модифицирующих добавок отечественного производства для ССС предложено применять аморфные алюмосиликаты. Ранее проведенные исследования доказали целесообразность применения добавки на основе аморфных алюмосиликатов в рецептуре цементных и известковых ССС [3, 4].

Анализ научной литературы [5, 6] выявил многообразие способов получения аморфных алюмосиликатов.

Методология. Для получения предлагаемой добавки рассматривался патент [7] в котором синтез предлагаемой добавки заключается в смешивании микродисперсных порошков алюминия, свойства которого приведены в табл. 1 и натриевого жидкого стекла (табл. 2) при температуре t = 60–90 °С в течение 30–120 мин. Для получения добавки компоненты смешивали в определенной пропорции:

1 состав – алюминиевая пудра: жидкое стекло: вода = 1:4:7;

2 состав – алюминиевая пудра: жидкое стекло: вода = 1:8:14.

3 состав – алюминиевая пудра: жидкое стекло: вода = 1,5:4:7;

4 состав –- алюминиевая пудра: жидкое стекло: вода = 2:6:7.

Таблица 1

Физические свойства и химический состав алюминиевой пудры ПАП-1

Наименование показателя	Значение показателя
Кроющая способность на воде, см^2/г, не менее	7000
Всплываемость, %, не менее	80
Химический состав, %	
железо	0,5
кремний	0,4
медь	0,05
марганец	0,01
влага	0,2
жировые добавки	3,8

Таблица 2

Физико-химические показатели жидкого натриевого стекла

Наименование показателя	Значение показателя
Силикатный модуль	2,66–2,88
Плотность при 200 °С, г/см^3	1,36–1,48
Массовая доля оксида кремния, %	10,2–12,5
Массовая доля оксида натрия, %	20,0–26,0

Основная часть. Для обеспечения эффективности применения предлагаемой неорганиче-

ской нанодисперсной добавки в рецептуре известковых ССС необходимо выбрать оптимальный режим синтеза добавки. С этой целью в работе спланирован полный факторный эксперимент с квадратичной моделью [8]. Параметром оптимизации выбран предел прочности при сжатии известковых образцов. За факторы, оказывающие действие на изменение прочности известкового композита приняты: X_1 – соотношение твердая:жидкая фаза Т:Ж и X_2 – время синтеза добавки.

Матрица плана в кодовом выражении приведена в таблице 3.

Таблица 3

Матрица плана в кодовом выражении

Переменные	Номера опытов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X_0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X_1	-1	+1	-1	+1	-1,4142	+1,4142	0	0	0
X_2	-1	-1	+1	+1	0	0	-1,4142	+1,4142	0

В табл. 4 представлены условия изменения переменных X_1 – соотношение твердая:жидкая фаза Т:Ж и X_2 – время синтеза добавки.

Таблица 4

Условия изменения переменных

Наименование	Кодированное обозначение	Переменные	
		X_1, %	X_2, мин
Нижний уровень	-1	0,045	60
Основной уровень	0	0,09	90
Верхний уровень	+1	0,135	120
Интервал варьирования	Δ	0,045	30

Однородность дисперсий проверялась по критерию Кохрена, адекватность модели проверялась по критерию Фишера, а значимость коэффициентов – по критерию Стьюдента. После обработки полученных экспериментальных данных и исключения из уравнения регрессии незначимых коэффициентов модель, описанная уравнением (1) считается адекватной.

Полученные результаты позволили получить квадратичную модель:

$$R_{сж} = 1{,}3 - 0{,}85x_1 + 0{,}01x_2 + 0{,}52x_1^2 \quad (1)$$

Графическая интерпретация составленной модели представлена на рис. 1.

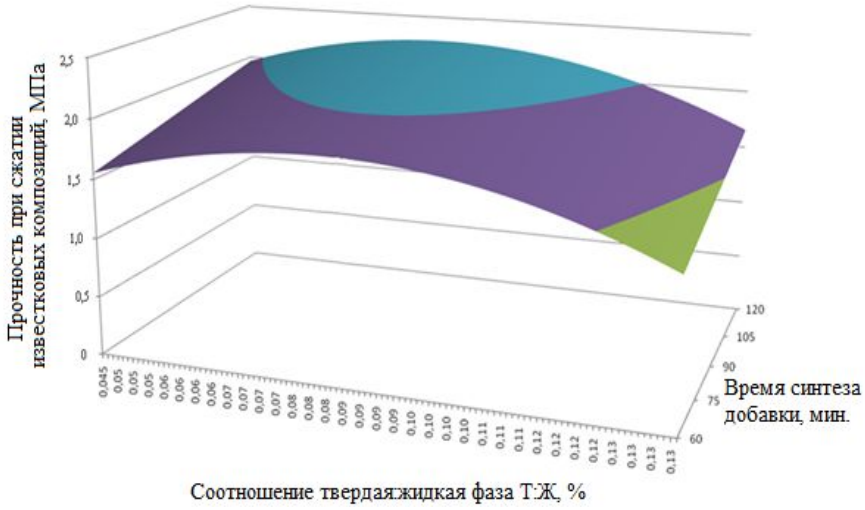


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии известкового композита от технологических факторов синтеза добавки

При анализе полученной квадратичной модели были выявлены точки экстремума. Предлагаемая модель позволяет подобрать оптимальное содержание компонентов.

С помощью полученной квадратичной модели (1) произведен расчет прочности при сжатии известковых образцов с добавкой на основе аморфных алюмосиликатов, получаемая при разных времени синтеза и соотношении твердая:жидкая фаза Т:Ж (табл. 4).

Немецким стандартом DIN EN 998-1 установлено, что долговечность и сопротивление внешним воздействиям обеспечиваются в том случае, если штукатурный раствор обладает

прочностью при сжатии $R_{сж}$= 2–5 МПа [9]. Растворы с такими прочностными характеристиками способны приспосабливаться к малым деформациям и противостоять трещинообразованию.

Таблица 4

Прочность при сжатии известкового композита, В/И=1,25

Соотношение твердая:жидкая фаза Т:Ж, %	Время синтеза добавки, мин.	Прочность при сжатии известковых композиций, МПа
0,045	60	1,93
0,135	60	1,90
0,045	120	2,77
0,135	120	2,53
0,09	90	2,24

Выводы. Исходя из данных математической модели и ранее полученных данных о пористости образцов на основе алюмосиликатной добавки [10], а также учитывая требования стандарта DIN EN 998-1 выбран оптимальный режим синтеза добавки. Режим синтеза заключается в добавлении микродисперсных порошков алюминия в натриевое жидкое стекло в течение 90 мин с соотношением компонентов: алюминиевая пудра:жидкое стекло:вода в соотношении 0,09 %.

Известковая смесь с применением аморфных алюмосиликатов характеризуется хорошей удобоукладываемостью и высоким значением предела прочности при сжатии, равным 2,24 МПа.

Таким образом, проведенные исследования и расчеты свидетельствуют об эффективности применения аморфных алюмосиликатов в известковых композитах в качестве структурообразующей добавки.

Источник финансирования. *РФФИ в рамках научного проекта №18-33-00018 мол_а «Исследование закономерностей структурообразования композиций на основе минеральных вяжущих в присутствии неорганической нанодисперсной добавки в виде аморфных алюмосиликатов. Разработка состава и технологии изготовления теплоизоляционной сухой строительной смеси».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ботка Е.Н. Рынок сухих строительных смесей России и стран СНГ: состояние и перспективы // Газета «Технологии и бизнес на рынке сухих строительных смесей». 2016. № 11. С. 2–3.

2. Голубев В.И., Василик П.Г. Новые продукты на рынке добавок для сухих строительных смесей и бетонов // Строительные материалы. 2006. № 3. С. 24–25.

3. Логанина В.И., Жегера К.В. Формирование прочности цементной композиции в присутствии синтезированных алюмосиликатов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». 2015. Т. 15(№2). С.43–46.

4. Логанина В.И., Рыжов А.Д. Оценка прочности сцепления известково-перлитовой сухой строительной смеси с применением синтезированных алюмосиликатов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 3 (687). С. 38–42.

5. Zhegera K.V. Application of amorphous alumosilicates as a modifiing additive in the recipe of a cementitious adhesive for tiles // Modern Science. 2017. № 4-1. С. 65–68.

6. Логанина В.И., Жегера К.В., Жерновский И.В. Структурообразование цементного камня в присутствии добавки на основе аморфных алюмосиликатов // Вестник гражданских инженеров. 2016. №3(56). С. 142–148.

7. Пат. RU2402486 Российская федерация, C01B33/26. Способ получения аморфного алюмосиликатного адсорбента / В. К. Милинчук (RU), А.С. Шилина (RU) патентообладатель ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" (НИЯУ МИФИ) (RU). 3 с.

8. ГОСТ 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение. М: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 47 с.

9. ГОСТ Р 57336-2016/EN 998-1:2010 Растворы строительные штукатурные. Технические условия. Росстандарт. М.: Стандартинформ, 2017. 20 с.

10. Логанина В.И., Жегера К.В., Рыжов А.Д. Закономерности синтеза добавки на основе аморфных алюмосиликатов // Инженерный вестник Дона. №2 (2018). [Электронный ресурс]. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_119_Loganina__N.pdf_75a1e2f0ae.pdf/

Информация об авторах

Жегера Кристина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление качеством и технология строительного производства». E-mail: jegera@yandex.ru. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028, Пенза, ул. Г.Титова, д. 28.

Поступила в октябре 2018 г.
© Жегера К.В., 2018

[1,*]Zhegera K.V.
Penza State University of Architecture and Construction
Russia, 440028, Penza, ul. G. Titova, 28
**E-mail: jegera@yandex.ru*

OPTIMIZATION OF SYNTHESIS MODES OF ADDITIVES BASED ON AMORPHOUS ALUMINOSILICATES

Abstract. *Presently, Russian market is dominated by modifying additives for dry building mixtures of foreign manufacturers. In this context, development of domestic modifying additives for dry building mixtures is a major task for building materials' fabricators. The development of above-mentioned additives will decrease dependence of foreign supplies and reduce the cost of dry mixtures while remaining its performance. In the research, the possibility of using amorphous aluminosilicates for calcareous dry mixtures as a structure-forming additive is established. For an effective application of the developed modifying additive, the interrelation between solid and liquid phases and the time of synthesis of an additive are selected using the method of experiment planning. The obtained quadratic model calculates the compression strength of calcareous samples with the proposed additive based on amorphous aluminosilicates.*

Keywords: *amorphous aluminosilicates, dry building mixture, modifying additives, optimization.*

REFERENCES

1. Botka E.N. The market of dry building mixtures in Russia and CIS countries: state and prospects. Newspaper "Technologies and business on the market of dry construction mixtures", 2016, no. 11, pp. 2–3.
2. Golubev V.I., Vasilyk P.G. New products on the market for additives for dry mortars and concretes. Construction Materials, 2006, no. 3, pp. 24–25.
3. Loganina V.I., Zhegera K.V. Formation of the strength of the cement composition in the presence of synthesized aluminosilicates. Vestnik of the South Ural State University. Series "Construction and architecture", 2015, vol. 15 (no. 2), pp. 43–46.
4. Loganina V.I., Ryzhov A.D. Evaluation of the adhesion strength of the lime-perlite dry construction mixture using synthesized aluminosilicates, Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Building, 2016, no. 3 (687), pp. 38–42.
5. Zhegera K.V. Application of amorphous alumosilicates as a modifiing additive in the recipe of a cementitious adhesive for tiles. Modern Science, 2017, no. 4-1, pp. 65–68.
6. Loganina V.I., Zhegera K.V., Zhernovski I.V. Structural formation of cement stone in the presence of an additive based on amorphous aluminosilicates. Bulletin of Civil Engineers, 2016, no. 3 (56), pp. 142–148.
7. Milinchuk V.K., Shilina A.S. Method for the preparation of an amorphous aluminosilicate adsorbent. Patent RF, no. 2402486.
8. GOST 50779.21-2004 Statistical methods. Rules for the determination and methods for calculating statistical characteristics from sample data. Part 1. Normal distribution. M: IPK Publishing Standards. 2004, 47p.
9. GOST R 57336-2016 / EN 998-1: 2010 Plastering construction solutions. Technical conditions. Rosstandart. Moscow: Standardinform, 2017, 20 p.
10. Loganina V.I., Zhegera K.V., Ryzhov A.D. Regularity of the synthesis of an additive based on amorphous aluminosilicates. Engineering Bulletin of the Don, no. 2 (2018). [Electronic resource]. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_119_Loganina__N.pdf_75a1e2f0ae.pdf.

Information about the author
Kristina V. Zhegera, PhD, Assistant professor. E-mail: jegera@yandex.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028, Penza, ul. G. Titova, 28.

Received in October 2018

Для цитирования:
Жегера К.В. Оптимизация режимов синтеза добавки на основе аморфных алюмосиликатов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 17–20. DOI:10.12737/article_5bf7e353db5229.24492197

For citation:
Zhegera K.V. Optimization of synthesis modes of additives based on amorphous alumosilicates. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 17–20. DOI:10.12737/article_5bf7e353db5229.24492197

DOI:10.12737/article_5bf7e3542a4322.47630749

[1,]*Сулейманова Л.А., [2]Fang Jin, [1]Баклаженко Е.В., [1]Ладик Е.И.
[1]Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
[2]Хулунбуирский институт
83 Xuefu Road, Hailar Distric, Hulunbuir, Inner Mongolia, China
**E-mail: suleymanova.la@bstu.ru, ludmilasuleimanova@yandex.ru*

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ФАСАДОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕНОВАЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА

Аннотация. *В современном строительстве жилых и общественных зданий наряду с прочностью строительных конструкций, влияющей на долговечность зданий, учитывается и их внешний вид, который играет одну из важнейших ролей в современной архитектуре города. Новейшие строительные материалы, использующиеся в процессе отделки несущих и ограждающих конструкций зданий, отличаются не только приданием индивидуального внешнего стиля объекту капитального строительства, но и достаточно высокими прочностными характеристиками. Это позволяет применять их в различных климатических зонах и комбинировать в самых разнообразных вариантах.*

Современные фасады характеризуются не только красивым экстерьером, но и высокой функциональностью. Именно сочетание практичности, надежности, внешней привлекательности и доступной цены и является главной отличительной чертой новейших фасадных систем.

В статье проанализированы различные варианты изменения внешнего облика фасадов жилых зданий при проведении капитального ремонта, реконструкции или реновации жилого фонда, в том числе применение навесных вентилируемых фасадов и современных технологий производства облицовочных материалов. Например, биобетон, «прозрачный» бетон, различные огнезащитные покрытия, паронепроницаемые мембраны и стеклянные фасадные панели. Рассмотрен инновационный зарубежный опыт производства современных высокоэффективных облицовочных материалов и технологий монтажа навесных вентилируемых фасадов, а также перспективы применения таких технологий в российских условиях при проведении капитальных ремонтов и работ по реконструкции и реновации жилого фонда.

Ключевые слова: *здания, жилой фонд, фасады зданий, реконструкция, реновация, внешняя отделка, архитектура города, архитектурная геоника, биобетон, «прозрачный» бетон, стеклянные панели.*

Введение Самым значимым фактором в формировании облика современного города является его архитектура. Сегодняшняя архитектура городов непрерывно развивается и улучшается, приобретая современные формы и уникальные материалы в отделке. Архитектура современного города имеет свои особенности. Они продиктованы ключевыми тенденциями в современной жизни, текущими потребностями людей и глобальными проблемами общества. Архитектура города – это его визитная карточка. Ее функции выходят далеко за грани создания материальной среды для жизни и деятельности населения. Архитектура представляет собой внешний облик города. Она отражает степень его культурного, политического и экономического благополучия. И поэтому наряду с новым строительством происходит реконструкция или реновация уже сложившейся застройки. В большей степени изменениям подвергается жилая архитектура, так как она занимает большую часть города, и основная ее часть была построена ещё в послевоенное время. Проблемы жилья, возведенного ещё в 50-е годы XX века, в нашей стране приобрели довольно острый характер. Большинство домов нуждаются в экстренном ремонте и модернизации.

Реновация, а в некоторых случаях реконструкция, являются альтернативой полного сноса зданий, утратившие свою эстетическую значимости и функциональность. Процессом реконструкции могут подвергаться все конструктивные элементы сооружения, начиная от фундамента и заканчивая отделкой и конструктивным решением кровли.

Немаловажной частью реконструкции и ремонта зданий является трансформация его внешнего облика. Ведь первое что мы видим, при знакомстве с архитектурой – это фасад, который пытается донести до смотрящего определенную смысловую идею. Разработка фасадов в архитектурном проектировании занимает важное место, и это не просто украшательство, а целая система знаний, связанная напрямую с архитектурным стилем, антуражем, габаритами и формой здания. В процессе эксплуатации фасады подвергаются воздействиям агрессивной среды природного и

техногенного характера, в связи с чем происходят не только видимые изменения, но и меняются свойства облицовочных материалов конструкций. Фасады покрываются трещинами, выгорают, происходит механическое разрушение.

Основная часть. При реновации и реконструкции может изменяться как конструктив зданий и сооружений, так и отдельные их части, например, фасад, крыша, входная группа или отдельные части фасада.

Одним из перспективных научных направлений, для решения этих задач, может стать архитектурная геоника: создание архитектурных ансамблей с учетом результатов воздействия геологических и космохимических процессов на неорганический мир. Геоника – междисциплинарная наука, решающая инженерные задачи с учёта знай, полученных при исследовании геологических и космохимических процессов. Архитектурная геоника дает широкий круг идей для самых необычных решений в области строительства. Природа – прекрасный архитектор. В результате деятельности геологических и космохимических процессов возникают уникальные по красоте, цвету и форме объекты неорганического мира [1–3].

Сегодня появились здания и сооружения, при проектировании которых, за основу были взяты разнообразные формы живой природы: моллюски, цветы, кристаллы и многое другое. Примером такой новой архитектуры может служить здание в виде цветка лотоса The Lotus Bilding в городе Чанчжоу, Китай (рис. 1).

Рис. 1. Здание в виде цветка лотоса The Lotus Bilding в городе Чанчжоу, Китай

Еще одним ярким примером реконструкции здания является королевский музей в Онтарио (Канада). Данное архитектурное сооружение – пример архитектурной геоники. Идея архитектора Даниэля Либескинда заключается в расширении канадского Королевского музея Онтарио при помощи придания зданию формы кристалла, состоящего из 25 % стекла и 75 % алюминия. Это гигантский сверхсовременный кристалл, созданный с применение высоких технологий (рис. 2).

Архитектурная геоника позволяет специалистам разрабатывать новую тектонику архитектурных ансамблей, использовать достижения неорганического мира, проектировать сооружения, органически вписывающиеся в среду обитания в соответствии с геоморфологией, климатом, культурными традициями и т. д. Новое научное направление решает не только практические вопросы органической среды обитания, создания конструктивных элементов, форм, пространства, но и способствует улучшению эмоционального состояния человека, его творчества, настроения, гармонизации функций, эстетики, чувственных ассоциаций и в целом оптимизации триады «человека – материал – среда обитания» [4–9].

Рис. 2. Королевский музей Онтарио, город Торонто, провинция Онтарио, Канада

Применение современных технологий отделки фасадов зданий. Одним из распространенных современных способов модернизации внешнего облика зданий является применение навесных вентилируемых фасадов. Они представляют собой систему, состоящую из материалов облицовки, подоблицовочной конструкции и слоя теплоизоляции. При этом облицовочный слой крепится к несущей стене таким образом, чтобы между облицовкой и слоем теплоизоляции образовалась вентилируемая воздушная прослойка. Вентилируемые фасады позволяют придать зданию индивидуальный стиль, за счет применения современных отделочных материалов, а также повысить теплотехнические свойства ограждающих конструкций и противостоять агрессивным атмосферным воздействиям. Данная система соответствует эстетическим требованиям, имеет большое многообразие фактур и расцветок [10].

Идея навесного фасада возникла еще в 50-х гг. прошлого века в Германии. Сегодня отрасль производства комплектующих для вентилируемых фасадов стабильно развивается и имеет большие перспективы по усовершенствованию. Ежегодно на строительном рынке появляются новейшие нано-изделия этой отрасли, разработанные ведущими учеными и инженерами развитых стран.

Огнезащитные материалы. Компания DuPont разработала новый вид паропроницаемых мембран Tyvek® FireCurb™ для вентилируемых фасадов, обладающих особым свойством замедлять распространение пламени. При пожаре в среднестатистическом здании можно избежать катастрофической цепной реакции, если пламя затухнет в первые минуты после возгорания. Новая паропроницаемая мембрана FireCurb™ эффективно борется с распространением открытого огня, потенциально спасая жизни людей и предотвращая дорогостоящий материальный ущерб. Безгалогенное огнезащитное покрытие Tyvek® FireCurb™ существенно препятствует формированию капель раскаленного материала и сокращает количество дыма, что является важным преимуществом при эвакуации людей из горящего здания [11].

Облицовочные панели и материалы. Эстетические качества фасадов имеют важное значение в условиях современного города. Улучшение эстетических характеристик фасадов зданий позволяет придать морально изношенным зданиям современные потребительские качества, улучшить их архитектурный облик. В настоящее время зарубежные компании ведут разработки по производству различных декоративных панелей и облицовочных материалов. Одним из типов современных облицовочных материалов являются крупноформатные панели для фасадов различных видов. Например, компания TECU® Bond разработала композитные панели по внешнему виду неотличимые от листовой меди. Они представляют собой «сендвич» из слоев меди толщиной 0,5 мм, которые под высоким давлением наносятся с двух сторон на полиэтиленовую основу. Сверху панели покрываются специальной пленкой, предназначенной для защиты от грязи и повреждений во время проведения строительно-монтажных работ, после чего удаляется (рис. 3).

Новшеством также являются экологически чистые облицовочные панели из древесно-пластикового композита. Инновационный материал изготовлен из бумажных и пластиковых отходов. Панели легко могут быть подвергнуты вторичной обработке. Примером могут служить панели UPM ProFi из древесно-пластикового композита нового поколения. Они впервые использованы для облицовки финского павильона «Giant’s Kettle” на Shanghai Expo 2010.

UPM ProFi – это прочные влагонепроницаемые панели, устойчивые к воздействию ультрафиолета не выгорающие под ярким солнцем (рис. 4) [12–15].

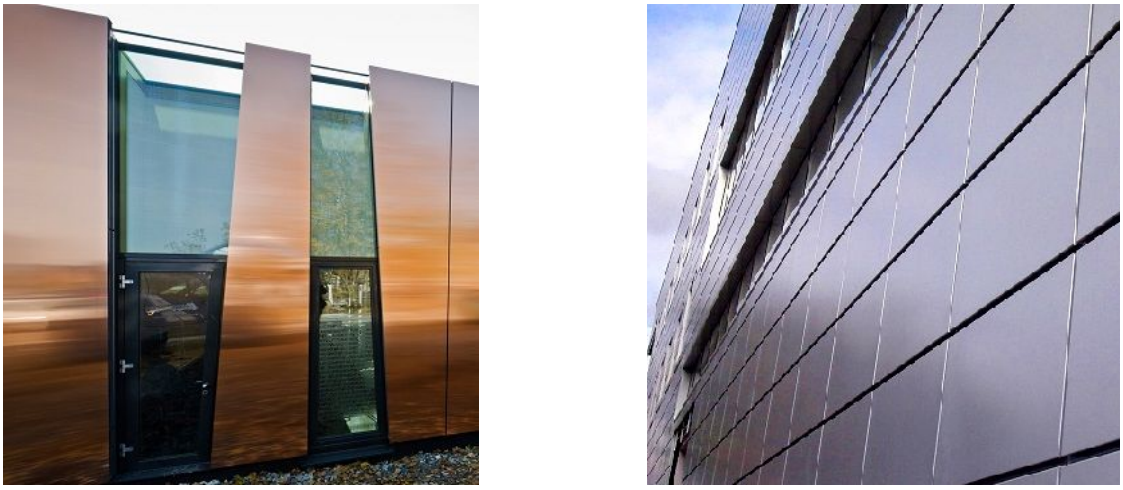


Рис. 3. Фасады зданий, облицованные фасадными металлическими панелями TECU® Bond

Рис. 4. Панели UPM ProFi, использованные в облицовке Финского павильона «Giant's Kettle» на Shanghai Expo 2010

К современным облицовочным материалам можно отнести декоративные перфорированные панели, позволяющие выразить задуманный архитектурный образ фасада в виде точечного рисунка на металлическом листе. Технология производства данных панелей состоит в нанесении заданного рисунка на прочный материал при помощи программируемой пресс-машины, состоящей из множества разных по диаметру и конфигурации отверстий. Далее материал подвергается обработке: окраске, нанесению акрилового покрытия, оцинковке и т.д. Для производства перфорированных декоративных панелей применяют алюминий (толщиной 1–3 мм), сталь (1–1,6 мм) или нержавеющую сталь (1 мм). Диаметр отверстий может быть от 4,5 до 12 мм, а площадь покрытия – до 40 % листа.

Перфорированные панели могут применяться для внешней и внутренней отделки зданий. Одним из ярких примеров применения данных изделий в архитектуре – здание флагманского бутика Marc Jacobs в Токио, возведенное по проекту Stephan Jaklitsch / Gardner Architects (рис. 5) [16–18].

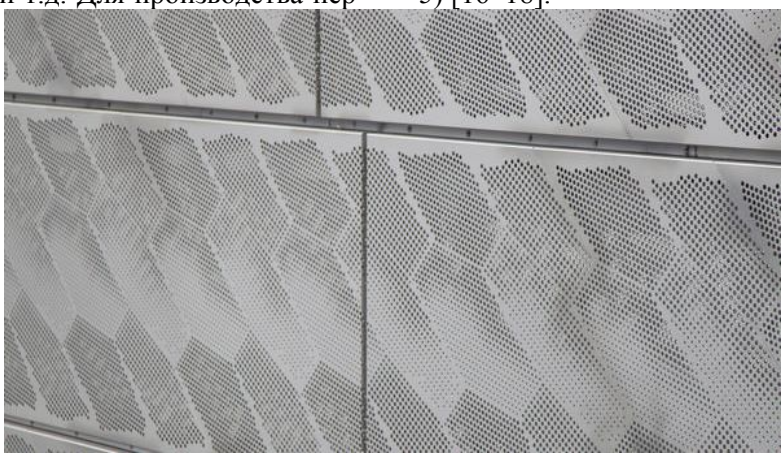


Рис. 5. Перфорированные панели и их применение в здании бутика Marc Jacobs в Токио по проекту Stephan Jaklitsch / Gardner Architects

Панели серии Individual Exterior от компании FunderMax придадут любому зданию, например, фасад высотного здания, многоквартирного дома, коттеджа, особый собственный характер. Двойной декор этой панели с поверхностью NT, которая может быть как глянцевой, так и матовой – предоставляет дизайнерам бесчисленные возможности для создания импровизации. Поверхность HPL-панелей защищена акриловыми и полиуретановыми смолами, обеспечивающие прочность панелей при их использовании для отделки фасадов и прочих внешних поверхностей (рис. 6). Панели Funder Max Exterior – это изделия с запатентованной технологией защиты от ультрафиолетовых лучей из высококачественного материала, который обладает износостойкостью и влагостойкостью. Они производятся толщиной 2–6 мм, 8 мм, 12–13 мм, длиной 2800 и 4100 мм, шириной 1300 и 1854 мм. На предприятии имеется возможность производства других размеров, что позволяет строить и облицовывать HPL-панелями вентилируемые фасады любой конфигурации и сложности. Покрытие FunderMax Exterior на основе полиуретанакрила не позволяет поверхности панелей выцветать и вымываться, благодаря чему яркий цвет и фактура сохраняется в неизменном состоянии долгие годы. Одновременно технология двойного отвердевания структуры панелей защищает их от разнообразных проявлений вандализма – к примеру, нанесения граффити. Также важно отметить, что материал имеет класс по пожаробезопасности К-0. Это позволяет применять панели для облицовки высотных зданий.

Рис. 6. Пример отделки фасадов зданий панелями серии Individual Exterior от компании FunderMax

Панели швейцарского бренда Alucobond имитируют металлическую поверхность. Текстурированные листы алюминия создают издалека визуальный эффект гладкой единой отделки из алюминия, сохраняя при этом его прочность и легкость (рис. 7). Изделия Alucobond потоянно используются архитекторами и строительными компаниями для отделочных работ, как для оформления экстерьера, так и для дизайна внутреннего пространства. Их применяют при реконструкции старых строений, облицовки отдельных элементов (балконов, козырьков, колонн), для изготовления декоративных комнатных перегородок, рекламных щитов и вывесок. Помимо многофункциональности важно отметить ряд и других преимуществ: легкость, устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и коррозии, пластичность и экологичность (материал пригоден для переработки).

Рис. 7. Пример отделки фасадов зданий панели швейцарского производителя Alucobond, имитирующие металлическую поверхность

Поверхность панелей Alucobond легко очищается, в отличие от более твердых металлических листов, не вызывая трудностей при эксплуатации. Пространство между прочными алюминиевыми листами заполнено наполнителем из синтетического полимера. Многослойная структура улучшает звукоизоляционные и термоизоляционные характеристики здания. Лицевая сторона покрывается слоем поливинилденфторида (PVDF). Этот материал представляет собой соединение, на 80 % состоящее из поливинилхлорида и на 20 % – из акрила. Обладая блеском и стойкостью к выцветанию, он идеально подходит для придания металлоизделиям отличных декоративных характеристик, таких как глянец, эффект «металлик», серебристые либо медные металлические оттенки. PVDF не боится механических повреждений и из всех разновидностей покрытий имеет самый продолжительный срок службы.

Новые технологии для обновления устаревших фасадов зданий появляются в современных облицовочных материалах. Биобетон, разработанный специалистами лаборатории «Технологии конструкций» инженерно-строительного факультета Политехнического университета Каталонии, можно использовать как при новом строительстве, так и при капитальном ремонте и реконструкции эксплуатирующихся зданий. Фасады, покрытые мхом и прочей растительностью, оживят лаконичные формы зданий и усилят сходство рукотворного урбанистического ландшафта с природным (рис. 8). Суть данного изобретения – создание облицовочного слоя на базе цемента, в котором органично могут существовать декоративные мхи, лишайники, грибы. Биобетон отличается от традиционного своей пористостью и кислотностью, приближающейся к восьми единицам. Именно наличие пор позволяет произрастать представителям «облицовочной» флоры. В основу положен принцип гидропоники, обеспечивающий жизнь растений за счет питательного раствора. Для реализации замысла используется 4-слойная панель. Первый слой – водонепроницаемый, второй – несущий, следующий – биологический (впитывает дождевую воду), а верхний удерживает влагу внутри всей конструкции [19].

Рис. 8. Фасад здания, выполненный с применением биобетона

Другим инновационным материалом является «прозрачный» цемент, который способен пропускать свет. Компанией Italcementi Group вместе с архитектором Джанпаоло Имбриги был разработан проект для строительства итальянского павильона с цементными стенами (рис. 9).

Прозрачность материалу придает особая технология – сухой подготовительный состав, соединяющий прозрачную основу из пластифицированных смол. Прозрачный цемент из пластифицированных смол обходится намного дешевле аналогов, использующих оптоволокно. У такого материала гораздо выше способность пропускать свет, он более прочен и надежен при использовании в строительстве зданий и несении нагрузок на конструкцию. «Прозрачный» цемент выпускается в виде панелей размером 500×1000×50 мм весом 50 кг каждая.

Рис. 9. Павильон в Италии на выставке ЭКСПО 2010, Шанхай

Отметим, что применение в строительстве высококачественных, ресурсосберегающих материалов и изделий, таких как: наноцемент и бетоны на его основе с расширенным использованием минеральных и химических добавок при производстве цементов и бетонов; керамические композиционные материалы нового поколения на основе модифицированного сырья; слоистые изделия в комплексе с эффективными тепло-изоляционными материалами; материалы с новыми свойствами и технологии зеленого строительства позволит существенно снизить материалоемкость и энергоемкость объектов капитального строительства и реконструируемых объектов [20].

Стеклянные панели. Сегодня все чаще предлагаются проекты оригинальных зданий со сложной формой и рельефом с применением необычных отделочных решений. Например, светопрозрачные фасады из стекла. Их классифицируют на стоечно-ригельные, полуструктурные, структурные и вентилируемые. Используя идею комбинирования отдельных секций монолитного стекла, можно создать прочные изделия, подходящие для восприятия изгибающих воздействий. Такие конструкции не только являются более надежными за счет большей толщины в зоне растяжения, но и обладают высокой изгибающей жесткостью, благодаря чему лучше противостоят боковой деформации, чем балки из монолитного стекла.

Стеклянные панели, изогнутые в одном направлении, в некоторых случаях могут вынести более высокие нагрузки по сравнению с плоскими панелями. Система из цилиндрических панелей на криволинейных балках «Srywalk» была применена в остеклении, разработанном для перехода на выставочной территории в Ганновере. Фасадное остекление может быть выполнено с заполнением стеклом, поликарбонатом, керамогранитом, алюминиевыми панелями, композитными модулями и другими, по отдельности или в различном сочетании, определяемом конструкцией здания, а также целесообразностью, дизайнерским решением и финансовой составляющей [21].

В остеклении внешней части светопрозрачного фасада может применяться прозрачное, полузеркальное, цветное стекло или стекло со специальными свойствами. На наружной и внутренней стенах крепление стекла может быть выполнено как видимыми элементами крепления, так и по принципу структурного остекления. Для регулирования проникновения света в помещения здания с такими фасадами устанавливают жалюзи, управляя которыми, можно создавать необходимый уровень освещенности [22].

Антивандальные покрытия. Нередко здания подвергаются не только воздействию окружающей среды и природных катаклизмов, но вандализму и механическим воздействиям. Немецкая компания «Caparol» создала антивандальную фасадную систему «Капарол Карбон», основанную на применении нанокварцевых технологий. Новая разработка известного производителя строительной химии направлена на повышение технических характеристик фасадов и улучшение их внешнего вида.

Заключение. Фасад каждого здания постоянно подвергается негативным воздействиям внешней среды. Атмосферные осадки, перепады температуры, ультрафиолет и пыль постоянно способствуют ухудшению внешнего вида фасада в процессе эксплуатации здания, способствуя его постепенному разрушению. Если не проводить мероприятия по техническому обслуживанию и мониторингу, то

в конечном итоге фасад не только потеряет привлекательный внешний вид, но и снизит общую функциональность здания, так как эстетическая функция не единственная возложенная на конструкцию фасада.

В настоящее время в России важнейшим вопросом является реконструкция и реновация фасадов жилых и общественных зданий, возведенных, начиная с 1950-х гг. В связи с этим является актуальным применение современных передовых технологий, отделочных и облицовочных строительных материалов, представляющих широкое разнообразие возможностей, при проведении капитального ремонта, работ по реконструкции или реновации жилой застройки, а также при новом строительстве. Это позволит повысить срок службы зданий и значительно улучшить не только их внешний вид, но и архитектуру города в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известия вузов. Строительство. 1994. №7, 8. С. 96–100.

2. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 213 с.

3. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. Взгляд в будущее // Вестник Вогогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч.1. Города России. Проблемы проектирования и реализации. С. 131–136.

4. Lessowik W.S. Geonik. geomimetik als grundlage für die synthese von intelligent bauverbundwerkstoffen // В сборнике: 19. INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL. 2015. С. 183–189.

5. Лесовик В.С., Володченко А.А. Создание интеллектуальных композитов на основе положений геоники // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 145–155.

6. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskoy D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. № 4. С. 24868–24879.

7. Лесовик В.С. Архитектурная геоника // Жилищное строительство. 2013. № 1. С. 9-12.

8. Perkova M.V., Raschenko A.V., Lesovik V.S., Kalinin Y.M., Babaev V.B. Combinational analysis of architectural shaping based on crystal lattice of minerals // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 30. № 12. С. 1882–1888.

9. Lesovik V.S., Vorontsov V.M., Frolova M.A., Degtev Y.V., Fironov R.I. Peculiarities of composition materials for architectonical geonics // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1149–1152.

10. Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Технология отделочных, кровельных и гидроизоляционных строительных материалов и изделий // Учеб. пособие : в 2 ч. Белгород : Изд-во БГТУ, 2011. Ч. II. 268 с.

11. Никулин А. Щит от огня [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.archplatforma.ru (дата обращения: 13.06.2015).

12. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1 (5). С. 21–24.

13. Глаголев Е.С., Сулейманова Л.А., Марушко М.В. Эффективное воспроизводство жилищного фонда России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 98–104.

14. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. Формирование пространственной среды с учетом колористики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 62–66.

15. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1087–1090.

16. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 51–53.

17. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-strength decorative complexes with organo-mineral additives // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 10. С. 680–683.

18. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Высокопрочные декоративные комплексы с органо-минеральными добавками // Исследовательский журнал прикладных наук. 2014. Т. 9. № 10. С. 680–683.

19. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The role of the law of affinity structures in the construction material science by performance of the restoration works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1100–1105.

20. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентноспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 9–16.

21. Puchka O.V., Lesovik V.S., Min'ko N.I., Vaysera S.S., Frolova M.A. A new-generation heat-insulating constructional glass composite // Research Journal of Applied Sciences. 2014. T. 9. № 10. C. 674–679.

22. Панчук Н.Н., Логинов С.С. Современные строительные материалы, технологии производства и их влияние на архитектурный облик зданий // Дальний Восток: Проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанский государственный университет. 2014. № 1. С. 156–159.

Информация об авторах

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

Fang Jin, профессор Хулунбуирского института, КНР. E-mail: kafedrasigsh@mail.ru. No.83Xuefu Road, Hailar Distric, Hulunbuir, Inner Mongolia, China

Баклаженко Екатерина Владимировна, ассистент кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: architektura_bgty@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ладик Елена Игоревна, старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства. E-mail: architektura_bgty@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в сентябре 2018 г.
© Сулейманова Л.А., Fang Jin, Баклаженко Е.В., Ладик Е.И., 2018

[1,]*Suleymanova L.A., [2]Fang Jin, [1]Baklazhenko E.V., [1]Ladik E.I.
[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
[2]Hulunbuir University
83 Xuefu Road, Hailar Distric, Hulunbuir, Inner Mongolia, China
**E-mail: suleymanova.la@bstu.ru, ludmilasuleimanova@yandex.ru*

MODERN MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF FAÇADE FINISHING IN RECONSTRUCTION AND RENOVATION OF HOUSING

Abstract. *The modern construction of residential and public buildings takes into account the strength of building's structure and the exterior, which plays an important role in the modern architecture of the city. The newest building materials are used for the finishing of basic and enclosing structures. It provides construction with an individual style and high strength characteristics. This allows to apply for different climatic zones and to combine in a variety of options.*

Modern facades are characterized by attractive exterior and high functionality. The combination of practicality, reliability, visual appeal and affordable price is the main feature of the newest facade systems.

The article analyzes the changing of residential buildings exterior during the overhaul, renovation of the housing stock, including the use of mounted ventilated facades and modern technologies for the production of facing materials. For instance, bio-concrete, translucent concrete, fire-retardant coating, vapor tight and glass facades. The paper considers an innovative foreign experience in the production of modern high-performance facing materials and installation technologies for mounted ventilated facades, as well as the prospects for the use of such technologies in Russia during the overhaul and renovation of housing stock.

Keywords: *buildings, housing stock, facades of buildings, reconstruction, renovation, exterior finish, city architecture, architectural geonics, bio concrete, translucent concrete, glass panels.*

REFERENCES

1. Lesovik V.S. Genetic bases of energy saving in industry of building materials. News of universities. Construction, 1994, no. 7, 8, pp. 96–100.

2. Lesovik V.S. Geonics. Subject and tasks. Belgorod. IzdBGTU publishing house. 2012, 213 p.

3. Lesovik V.S. Architecture Geonics. Vision of the future. VSACU publishing house. Series: Construction and architecture, 2013, Edition 31(50), Part 1 Cities of Russia. Problems of design and realization, pp. 131–136.

4. Lessowik W.S. Geonik. Geomimetik als grundlage für die synthese von intelligent bauverbundwerkstoffen. In collection: 19. INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL, 2015, pp. 183–189.

5. Lesovik V.S., Volodchenko A.A. Making of intellectual composites on the base of geonics states. In collection: Regional science-technical conference according to the results of competition of oriented fundamental researches on interdisciplinary themes, carried out by Russian fund of fundamental researches and government of Belgorod oblast. Belgorod State Technological university named after V.G. Shukhov, 2017, pp. 145–155.

6. Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskoy D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites. International Journal of Pharmacy and Technology, 2016, pp. 8, no. 4, pp. 24868-24879.

7. Lesovik V.S. Architecture geonics. Residential construction, 2013, no. 1, pp. 9–12.

8. Perkova M.V., Raschenko A.V., Lesovik V.S., Kalinin Y.M., Babaev V.B. Combinational analysis of architectural shaping based on crystal lattice of minerals. World Applied Sciences Journal, 2014, vol. 30, no. 12, pp. 1882–1888.

9. Lesovik V.S., Vorontsov V.M., Frolova M.A., Degtev Y.V., Fironov R.I. Peculiarities of composition materials for architectonical geonics. Research Journal of Applied Sciences, 2014, vol. 9, no. 12, pp. 1149–1152.

10. Alfimova N.I., Lesovik V.S. Technology of finishing, roofing, hydro isolation materials and products. Belgorod, 2011, vol. II, 268 p.

11. Nikulin A.I. Gate from fire [Electronic resource]. Acces mode: http://www.archplatforma.ru (date of request: 13.06.2015).

12. Suleymanova L.A., Marushko M.V., Lukyanenko A.K. Construction system from gas concrete for buildings reconstruction. University science, 2018, no. 1 (5), pp. 21–24.

13. Glagolev E.S., Suleymanova L.A., Marushko M.V. Effective reproduction of Russian housing. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 10, pp. 98–104.

14. Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Pogorelova I.A., Koriakina A.A. Formation of space environment with taking into account of colouring. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2016, no. 10, pp. 62–66.

15. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction. Research Journal of Applied Sciences, 2014, vol. 9, no. 12, pp. 1087–1090.

16. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A., Yakimovich I.V., Lukutcova N.P. High durability materials for decorative goals. Civil engineering, 2014, no. 8, pp. 51–53.

17. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-strength decorative complexes with organo-mineral additives. Research Journal of Applied Sciences, 2014, vol. 9, no. 10, pp. 680–683.

18. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High durability decorative complexes with organic mineral additives. Research magazine of applied sciences, 2014, vol. 9, no. 10, pp. 680–683.

19. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The role of the law of affinity structures in the construction material science by performance of the restoration works. Research Journal of Applied Sciences, 2014, vol. 9, no. 12, pp. 1100–1105.

20. Suleymanova L.A. High-quality energy efficient and competitive building materials, products and constructions. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 1, pp. 9–16.

21. Puchka O.V., Lesovik V.S., Min'ko N.I., Vaysera S.S., Frolova M.A. A new-generation heat-insulating constructional glass composite. Research Journal of Applied Sciences, 2014, vol. 9, no. 10, pp. 674–679.

22. Panchuk N.N., Loginov S.S. Modern building materials, technologies of producing and its influence on architecture look of building. Far East: Problems of development of architecture construction complex. Khabarovsk. TSU publishing house, 2014, no. 1, pp. 156–159.

Information about the authors

Suleymanova, Lyudmila A. DSc, Professor. E-mail: suleymanova.la@bstu.ru, ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostukov, 46.

Fang Jin, Professor of Hulunbuir university (China). E-mail: kafedrasigsh@mail.ru. No.83 Xuefu Road, Hailar Distric, Hulunbuir, Inner Mongolia.

Baklazhenko, Ekaterina V. Assistant of professor. E-mail: architektura_bgty@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostukov, 46.

Ladik, Elena I. Senior lecturer of the department of architecture and urban planning. E-mail: architektura_bgty@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, St. Kostukov, 46.

Received in Semtember 2018

Для цитирования:
Сулейманова Л.А., Fang Jin, Баклаженко Е.В., Ладик Е.И. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 21–31. DOI:10.12737/article_5bf7e3542a4322.47630749

For citation:
Suleymanova L.A., Fang Jin, Baklazhenko E.V., Ladik E.I. Modern materials and technologies of facade finishing in reconstruction and renovation of housing. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. no. 11, pp. 21–31. DOI:10.12737/article_5bf7e3542a4322.47630749

DOI: 10.12737/article_5bf7e35468cbe2.48782913

[1,*]Борисюк Е.А.
[1]*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*
Россия, 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26
**E-mail: evgen1002@mail.ru*

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТОВ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ (ЧАСТЬ 1)

Аннотация. *Вопросы проектирования многокомпонентных систем не потеряли в настоящее время своей актуальности. Изучение вопросов оптимизации все более усложняющихся композиционных материалов, смесей, растворов и пр., требует поисков новых подходов к выявлению закономерностей и характера влияния компонентов внутри системы. К таким решениям можно отнести преобразование модели многокомпонентной системы из линейно-связанной в систему с независимыми переменными на основе установленного принципа относительной взаимосвязи компонентов в многокомпонентных системах: для любой многокомпонентной системы (композиционного материала) существует однозначное соответствие её свойств последовательному ряду относительных независимых величин:* A_1; A_2; A_3;…; A_{n-1}, *характеризующих её состав и отражающих относительную взаимосвязь компонентов системы* $(a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n)$, *выраженную в виде:* $A_{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} a_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$. *Предложенные универсальные, общие, независимые и управляемые переменные в полном объёме отражают количественные характеристики состава и могут быть использованы в математическом планировании экспериментов при оптимизации составов многокомпонентных систем. Принятая схема взаимодействия элементов системы и ее графическая интерпретация, дает возможность раскрыть сущность их относительной взаимосвязи и позволяет проследить механизм взаимодействия системы с последовательно увеличивающимся числом элементов, в результате чего она переходит от простой, с двумя элементами, к сложной, с тремя и более.*

В рамках принятых относительных характеристик для бетонов, можно исследовать любые бетоны независимо от вида и качества входящих в их состав компонентов. Более того, возникает возможность проведения сравнительной оценки как любых компонентов бетона, так и любых видов бетона между собой, что представляется важным при создании банка данных для бетонов.

Представленная к опубликованию статья может иметь интерес для научных работников, занимающихся вопросами оптимизации сложных многокомпонентных систем, в различных областях исследований.

Ключевые слова*: многокомпонентные системы, композиционные материалы, бетоны, относительная взаимосвязь компонентов, оптимизация, планирование эксперимента.*

Введение. Многокомпонентные системы представляют собой широкий спектр композиционных материалов, смесей, всевозможных соединений, растворов и т.п., имеющих специальные свойства и являющихся предметом изучения практически во всех областях науки и техники [1, 8, 9, 10, 11, 12]. Обычно под многокомпонентными системами понимают сложные по своему строению и свойствам комплексы, образовавшиеся в результате естественных процессов или полученные искусственно. К природным многокомпонентным системам можно отнести горные породы, биологические объекты, различные соединения и пр. В настоящее время большое распространение приобрели многокомпонентные системы искусственного происхождения, в том числе композиционные материалы, используемые в химии, биологии, медицине, металлургии, строительстве и в других направлениях. Композиционные материалы получили приоритетное развитие в строительной индустрии. Разработка и создание многокомпонентных систем обусловило необходимость развития методик их исследования, достигших, с появлением вычислительной техники, очень высокого уровня. Многочисленные работы свидетельствуют о существовании различных подходов при исследовании многокомпонентных систем и решении задач их оптимизации, позволяющих, в определённой степени, количественно и качественно изучить материал [2, 3, 7, 8, 15]. Однако известные методики определения оптимальных составов или рецептур композиционных материалов не обеспечивают оценки взаимовлияния компонентов, входящих в их состав. Это обусловливает трудности и неточности при установлении оптимальных составов или технологических решений. Анализ литературы позволил выявить наиболее распространённые подходы при исследовании многокомпонентных систем [2, 7, 11], в которых элементы системы рассматриваются как линейно-связанные:

$$\frac{a_1}{\sum_{i=1}^{n} a_i} + \frac{a_2}{\sum_{i=1}^{n} a_i} + \frac{a_3}{\sum_{i=1}^{n} a_i} + \cdots + \frac{a_n}{\sum_{i=1}^{n} a_i} = 1 \quad (1)$$

где a_i – количество i – го компонента многокомпонентной системы.

В линейно-связанной системе изменение доли i-го компонента влечёт за собой изменение доли хотя бы одного другого. Соотношение же компонентов внутри системы между собой изменяются практически неуправляемо.

Количественный состав таких систем обычно выражают в долях по отношению к одному из компонентов:

$$\frac{a_1}{a_1} : \frac{a_2}{a_1} : \frac{a_3}{a_1} : \ldots : \frac{a_n}{a_1} \quad (2)$$

или в % от общего содержания.

Основная часть. Решение любой задачи оптимизации композиционного материала предусматривает исследование его в совокупности: состав – технология – свойства. Сложность такой оптимизации обусловлена, во-первых, трудностями в управлении составами композиционных материалов, во-вторых, необходимостью исследования их в сочетании с различными технологическими приёмами. Технология получения композиционных материалов в значительной мере влияет на его свойства, которые в каждом конкретном случае могут отличаться, при этом, чтобы судить о возможности применения технологии или замене её другой, необходимо охватить в исследованиях максимально возможное количество вариантов составов, поэтому на этом этапе предлагается исследовать систему в рамках зависимости: состав – свойства. Для всестороннего исследования композиционного материала нужны общие, универсальные, независимые и управляемые характеристики составов. В значительной мере решение поставленной задачи достигается применением предлагаемого способа изучения составов композиционных материалов.

Основным достоинством этого способа является возможность преобразования линейно-связанной системы, в систему с независимыми параметрами. Это стало возможным благодаря установлению относительной взаимосвязи компонентов в многокомпонентной системе и создании на её основе модели композиционного материала [1,5]. Чтобы представить механизм взаимосвязи, композиционный материал предлагается рассматривать как смесь некоторого количества компонентов, обработанных определённым образом (технология получения). Исходный состав его складывается из суммы:

$$a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n = \sum_{i=1}^{n} a_i \quad (3)$$

где a_i – количественное содержание каждого исходного компонента качественно отличающегося от других; n – число компонентов.

При одинаковых способах получения композиционного материала, изменение содержания отдельных компонентов является основным фактором, влияющим на его свойства. Однако выявление истинной значимости любого компонента в системе весьма затруднительно, так как все они взаимосвязаны. Исходя из принятых обозначений, количественный состав многокомпонентной системы предлагается выражать через относительные характеристики:

$A_1 = \frac{a_1}{a_1+a_2}$ – относительное содержание a_1-го компонента в сумме с a_2-ым; $A_2 = \frac{a_1+a_2}{a_1+a_2+a_3}$ – относительное содержание сложного компонента (a_1+a_2) в сумме с a_3-им; $A_3 = \frac{a1+a2+a3}{a1+a2+a3+a4}$ – относительное содержание компонентов (a_1+a_2+a_3) в сумме с a_4-ым;

и так далее, в зависимости от числа компонентов.

В общем виде это выражение можно записать следующим образом:

$$A_{n-1} = \frac{a_1+a_2+a_3+\cdots+a_{n-1}}{a_1+a_2+a_3+\cdots+a_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} a_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i} \quad (4)$$

Полученный последовательный ряд относительных величин: A_1; A_2; A_3; …; A_{n-1}, отражает относительную взаимосвязь компонентов системы $a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n$, и характеризует её количественный состав. Эти относительные характеристики: общие, универсальные, независимые, управляемые и содержат полную количественную информацию об исходных материалах. Область изменения любого из членов ряда от 0 до 1. Варьируя относительными величинами – членами ряда, в указанных пределах, можно получить всевозможные сочетания компонентов, входящих в состав многокомпонентной системы и это даёт возможность последовательно и целенаправленно исследовать влияние компонентов на её свойства. Это положение является новым и позволяет сформулировать принцип относительной взаимосвязи компонентов в многокомпонентных системах: для любой многокомпонентной системы (композиционного материала) существует однозначное соответствие её свойств последовательному ряду относительных независимых величин: A_1; A_2; A_3; …; A_{n-1}, характеризующих её состав и отражающих относительную взаимосвязь компонентов системы ($a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n$), выраженную в виде:

$$A_{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} a_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i} \quad (5)$$

Наглядное представление о полученной математической зависимости даёт графическая интерпретация модели многокомпонентной си-

стемы. На рис. 1 представлено условное графическое выражение математической формулы 5, отображающее относительную взаимосвязь компонентов системы и последовательно раскрывающее механизм взаимодействия её элементов.

На рис. 1(а) представлена схема самой простой многокомпонентной системы, включающей всего два элемента: a_1 и a_2. Количественное содержание этих элементов взаимозависимо – чем больше a_1, тем меньше a_2 и наоборот. Состав двухкомпонентной системы контролируется относительной характеристикой:

$A_1 = \frac{a_1}{a_1+a_2}$, отражающей относительное содержание одного из компонентов в сумме с другим и изменяющейся от 0 до 1. Учитывая, что свойства многокомпонентной системы, при одинаковой технологии её приготовления в значительной мере определяются её составом, можно считать, что они являются функцией этой относительной характеристики: $\Phi = f(A_1)$.

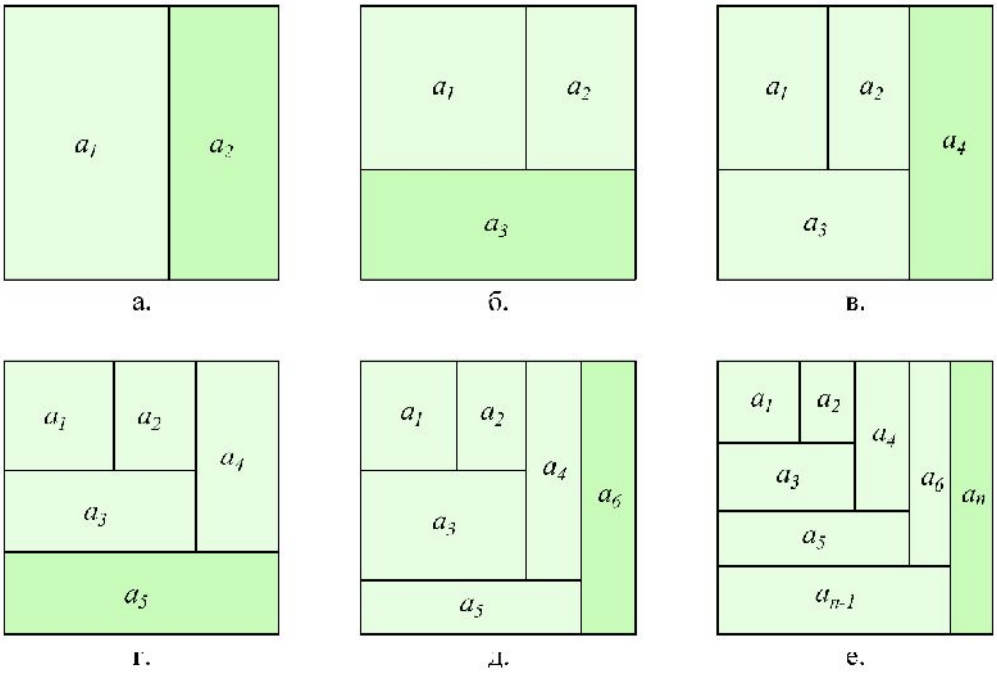


Рис. 1. Графическая интерпретация модели многокомпонентной системы

На рис. 1(б) представлена трёхкомпонентная система, включающая элементы: a_1, a_2, a_3. По предложенной схеме такую систему рекомендуется рассматривать также как двухкомпонентную, включающую один сложный элемент: (a_1 + a_2) и один простой a_3. Сложный элемент: (a_1 + a_2) – двухкомпонентная система, рассмотрен при описании рис. 1(а). Состав трёхкомпонентной системы контролируется по аналогии с двухкомпонентной, относительной характеристикой: $A_2 = \frac{a_1+a_2}{a_1+a_2+a_3}$, отражающей относительное содержание сложного элемента (a_1 + a_2) в сумме с простым a_3 и изменяется также от 0 до 1.

Учитывая, что сложный элемент двухкомпонентный и его состав контролируется относительной характеристикой: $A_1 = \frac{a_1}{a_1+a_2}$, свойства трёхкомпонентной системы являются функцией относительных характеристик A_1 и A_2:

$$\Phi = f\,(A_1;\ A_2) \qquad (6)$$

Последовательное увеличение числа элементов системы приводит её к усложнению - рис. 1 (а, б, в, г, д, е), однако, принятая схема взаимодействия элементов между собой позволяет рассматривать постоянно усложняющуюся систему в упрощённом виде: в виде взаимодействия двух элементов, один из которых сложный, представленный суммой элементов, а другой простой. Контроль состава многокомпонентной системы при этом осуществляется последовательным рядом относительных характеристик: $A_1;\ A_2;\ A_3;\ldots;A_{n-1}$, выраженных общей формулой (5), определяемых по аналогии с вышеописанными и изменяющимися также от 0 до 1. Свойства же многокомпонентной системы будут являться функцией её состава, в общем виде:

$$\Phi = f\,(A_1;\ A_2;\ A_3;\ldots;A_{n-1}) \qquad (7)$$

Таким образом, принятая схема взаимодействия элементов системы и ее графическая интерпретация, дает возможность раскрыть сущность

их относительной взаимосвязи, позволяет проследить механизм взаимодействия системы с последовательно увеличивающимся числом элементов, в результате чего она переходит от простой, с двумя элементами, к сложной, с тремя и более. Включение в состав многокомпонентной системы каждого последующего элемента позволяет оценить его влияние на свойства, проследить как происходит усложнение системы (композиционного материала) и изменение её качества, за счёт последовательного и управляемого увеличения числа элементов, а также определить пути оптимизации.

Рассмотренная модель многокомпонентной системы (композиционного материала) хорошо вписывается в методики исследования известных материалов [5,6]. Характерным примером многокомпонентной системы искусственного происхождения является бетон - композиционный материал, включающий в своём составе четыре основных компонента: вяжущее, мелкий и крупный заполнитель, воду, а также химические добавки, в том числе комплексные. Количественное и качественное изменение компонентов, входящих в состав бетонов, оказывает решающее влияние на их свойства – разным маркам бетона соответствуют определённые соотношения этих компонентов в зависимости от их вида и качества.

Механизм перевода линейно-связанной системы в систему с независимыми параметрами рассмотрим на примере тяжелого бетона. Предположим, что состав бетона будет иметь вид соотношения – цемент : песок : щебень : вода = 1 : 1,5 : 3 : 0,6, то есть на 1 массовую часть цемента приходится 1,5 частей песка, 3 части щебня и 0,6 части воды. Подобная запись состава бетона наиболее распространена в практике. После преобразований, в принятой нами модели многокомпонентной системы состав бетона выразится следующим образом:

$$A_1 = \frac{Ц}{Ц + В} = \frac{Ц}{Т} = \frac{1}{1 + 0{,}6} = 0{,}625$$

$$A_2 = \frac{Ц + В}{Ц + В + П} = \frac{Т}{Р} = \frac{1 + 0{,}6}{1 + 0{,}6 + 1{,}5} = 0{,}516$$

$$A_3 = \frac{Ц + В + П}{Ц + В + П + Щ} = \frac{Р}{Б} = \frac{1 + 0{,}6 + 1{,}5}{1 + 0{,}6 + 1{,}5 + 3} = 0{,}503$$

Физический смысл приведённой записи заключается в следующем:

$A_1 = \frac{Ц}{Т}$ – параметр, характеризующий цементное тесто (цемент + вода), отражает относительное содержание цемента в нем, другими словами - доля цемента в цементном тесте. Пределы изменения параметра – от 0 до 1. При $\frac{Ц}{Т} = 0$, цементное тесто представлено только водой, при $\frac{Ц}{Т} = 1$, только цементом, т.е. предельные точки значения параметра для цементного теста лишены физического смысла и поэтому границы его существования лежат в области значений $0 < \frac{Ц}{Т} < 1$. В приведённом примере: $\frac{Ц}{Т} = 0{,}625$.

$A_2 = \frac{Т}{Р}$ – параметр, характеризующий растворную часть бетонной смеси, отражает относительное содержание цементного теста в растворной части (цементное тесто + песок) или доля цементного теста в растворе. $\frac{Т}{Р}$ также изменяется в пределах от 0 до 1. При 0 твёрдая фаза представлена только песком, при 1 только цементным тестом, его область существования также $0 < \frac{Т}{Р} < 1$. В приведенном примере: $\frac{Т}{Р} = 0{,}516$.

$A_3 = \frac{Р}{Б}$ – параметр, характеризующий бетонную смесь, отражает относительное содержание раствора в бетонной смеси (раствор + щебень) или долю растворной части в общей массе компонентов бетонной смеси. И этот параметр также изменяется в пределах от 0 до 1. При $\frac{Р}{Б} = 0$, бетонная смесь представлена только крупным заполнителем (щебнем), а при $\frac{Р}{Б} = 1$ только цементно-песчаным раствором - (цемент + песок + вода). Область существования также: $0 < \frac{Р}{Б} < 1$. В приведенном примере: $\frac{Р}{Б} = 0{,}503$.

Если изменить содержание одного из компонентов, например песка, увеличив его до 2 частей, соотношение компонентов примет вид – цемент : песок : щебень : вода = 1 : 2 : 3 : 0,6, что на первый взгляд незначительно изменяет систему. На самом деле, структурно, система оказывается изменённой практически полностью - без изменений остался только первый параметр - доля цемента в цементном тесте:

$$A_1 = \frac{Ц}{Ц + В} = \frac{Ц}{Т} = \frac{1}{1 + 0{,}6} = 0{,}625$$

$$A_2 = \frac{Ц + В}{Ц + В + П} = \frac{Т}{Р} = \frac{1 + 0{,}6}{1 + 0{,}6 + 2} = 0{,}444$$

$$A_3 = \frac{Ц + В + П}{Ц + В + П + Щ} = \frac{Р}{Б} = \frac{1 + 0{,}6 + 2}{1 + 0{,}6 + 2 + 3} = 0{,}545$$

Приведённый пример показывает, что изменение лишь одного компонента в бетоне, а, именно, песка, повлекло за собой изменение доли цементного теста в растворе, которая уменьшилась, а также доли растворной части в бетонной смеси – увеличилась. Это естественным образом отражается на структуре и свойствах бетона.

С помощью параметров $\frac{Ц}{Т}$; $\frac{Т}{Р}$; $\frac{Р}{Б}$, можно управлять составом бетона, независимо изменяя содержание одного из компонентов, при абсолютном постоянстве соотношения остальных между собой.

Если продолжить анализ составов и представить, что: A_1 = 0,625; A_2 = 0,444; A_3= 0,508, т.е. доля цемента в цементном тесте осталась без изменения, а доля цементного теста в растворе изменилась и стала меньше, то, в отличие от предыдущего состава, в этом доля растворной части в бетонной смеси также осталась постоянной (как в первом примере). Варьируя содержанием цементного теста в растворной части (параметр $A_2 = \frac{Т}{Р}$), мы изменяем и содержание песка. Исследование бетонной смеси с переменным, но контролируемым содержанием песка даёт возможность выявления его истинного влияния на свойства бетонной смеси, оставляя при этом соотношение остальных компонентов между собой без изменения. Аналогично можно установить истинное влияние на свойства бетонной смеси и других компонентов посредством изменения параметров A_1 и A_3. Одновременное и целенаправленное изменение всех трёх параметров позволяет управлять составом, получая любые соотношения компонентов в бетоне.

Необходимо отметить, что, хотя относительные характеристики, отражающие состав бетона, изменяются от 0 до 1, области допустимых значений у них имеют более узкие пределы и зависят от вида и качества исходных материалов. Наиболее вероятными областями изменения параметров для бетонов будут следующие:

$$A_1 = \frac{Ц}{Т} = 0{,}35 \ldots 0{,}8;$$

$$A_2 = \frac{Т}{Р} = 0{,}3 \ldots 0{,}9;$$

$$A_3 = \frac{Р}{Б} = 0{,}2 \ldots 1{,}0.$$

Пользуясь принятыми относительными характеристиками состава бетона, можно получить зависимости, позволяющие определить теоретические значения средней плотности бетонной смеси, расходы цемента, песка, щебня и воды, в одном 1 м^3 бетонной смеси.

Формула для определения средней плотности бетонной смеси получается путём преобразования известной зависимости:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (8)$$

где ρ – средняя плотность материала, кг/м^3; m – масса, кг; V – объем материала, м^3.

Сначала была получена формула для определения средней плотности цементного теста:

$$\rho^{Т}_{ц.т.} = \frac{m_{Т}}{V_{ц.т.}} = \frac{Т}{\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{В}{\rho_в}} = \frac{Т}{\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{Т-Ц}{\rho_в}} = \frac{1}{\frac{Ц}{Т}\cdot\frac{1}{\rho_ц} + \frac{Т}{Т}\cdot\frac{1}{\rho_в} - \frac{Ц}{Т}\cdot\frac{1}{\rho_в}} = \left[\frac{Ц}{Т}\left(\frac{1}{\rho_ц} - \frac{1}{\rho_в}\right) + \frac{1}{\rho_в}\right]^{-1} \qquad (9)$$

где $Т = Ц+В$ – масса цементного теста, равная сумме масс цемента и воды, кг.

Аналогично получаем формулу для определения средней плотности раствора, где $Р = Т+ П$ – масса раствора, равная массе цементного теста и песка, кг:

$$\rho^{Т}_{р} = \frac{m_{р}}{V_{р}} = \frac{Р}{\frac{Т}{\rho_т} + \frac{П}{\rho_п}} = \frac{Р}{\frac{Т}{\rho_т} + \frac{Р-Т}{\rho_п}} = \frac{Р}{\frac{Т}{Р}\cdot\frac{1}{\rho_т} + \frac{Р}{Р}\cdot\frac{1}{\rho_п} - \frac{Т}{Р}\cdot\frac{1}{\rho_п}} = \left[\frac{Т}{Р}\left(\frac{1}{\rho_т} - \frac{1}{\rho_п}\right) + \frac{1}{\rho_п}\right]^{-1} \qquad (10)$$

Подставляя значение $\rho^{Т}_{ц.т.}$ формулу 8, получаем:

$$\rho^{Т}_{р} = \left[\frac{Т}{Р}\left(\frac{Ц}{Т}\left(\frac{1}{\rho_ц} - \frac{1}{\rho_в}\right) + \frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_п}\right) + \frac{1}{\rho_п}\right]^{-1} = \left[\frac{Ц}{Т}\cdot\frac{Т}{Р}\left(\frac{1}{\rho_ц} - \frac{1}{\rho_в}\right) + \frac{Т}{Р}\left(\frac{1}{\rho_в} - \frac{1}{\rho_п}\right) + \frac{1}{\rho_п}\right]^{-1} \qquad (11)$$

Пользуясь полученными формулами определяем среднюю плотность бетонной смеси:

$$\rho^{Т}_{б.см.} = \frac{m_{б.см.}}{V_{б.см.}} = \frac{Б}{\frac{Р}{\rho_р} + \frac{Щ}{\rho_щ}} = \frac{Б}{\frac{Р}{\rho_р} + \frac{Б-Р}{\rho_щ}} = \frac{1}{\frac{Р}{Б}\cdot\frac{1}{\rho_р} + \frac{Б}{Б}\cdot\frac{1}{\rho_щ} - \frac{Р}{Б}\cdot\frac{1}{\rho_щ}} == \left[\frac{Р}{Б}\left(\frac{1}{\rho_р} - \frac{1}{\rho_щ}\right) + \frac{1}{\rho_щ}\right]^{-1} \qquad (12)$$

После подстановки значения, формула 10 примет вид:

$$\rho^{т}_{б.см.} = \left[\frac{Ц}{Т}\cdot\frac{Т}{Р}\cdot\frac{Р}{Б}\left(\frac{1}{\rho_{ц}}-\frac{1}{\rho_{в}}\right)+\frac{Т}{Р}\cdot\frac{Р}{Б}\left(\frac{1}{\rho_{в}}+\frac{1}{\rho_{п}}\right)+\frac{Р}{Б}\left(\frac{1}{\rho_{п}}-\frac{1}{\rho_{щ}}\right)+\frac{1}{\rho_{щ}}\right]^{-1} \quad (13)$$

Несмотря на то, что формула 11 выглядит очень сложной, на самом деле она решается очень просто. Задаваясь определёнными параметрами A_i состава бетона и зная истинную плотность его компонентов, не представляет никакого труда, путём элементарных арифметических действий определить теоретическую среднюю плотность бетонной смеси.

Определив среднюю плотность бетонной смеси и пользуясь относительными характеристиками состава можно легко определить теоретический расход материалов на 1 м^3.

1.Расход цемента определяется по формуле:

$$Ц = \frac{Ц}{Т}\cdot\frac{Т}{Р}\cdot\frac{Р}{Б}\cdot\rho^{т}_{б.см.} \quad (14)$$

где Ц – расход цемента, в кг/м^3; $\frac{Ц}{Т}$ – относительное содержание цемента в цементном тесте, по массе; $\frac{Т}{Р}$ – относительное содержание цементного теста в цементно-песчаном растворе, по массе; $\frac{Р}{Б}$ – относительное содержание растворной части в бетонной смеси, по массе; $\rho^{т}_{б.см.}$ – средняя плотность бетонной смеси, по массе.

2. Расход воды определяется следующим образом:

$$\frac{Ц}{Т} = \frac{Ц}{Ц+В}, \text{ тогда: } Ц+В = \frac{Ц}{\frac{Ц}{Т}}, \text{ а } В = \frac{Ц}{\frac{Ц}{Т}} - Ц$$

или

$$В = Ц\ \left(\frac{1-\frac{Ц}{Т}}{\frac{Ц}{Т}}\right), \text{ кг/м}^3 \quad (15)$$

3. Подобным же способом определяем расход песка:

$$\frac{Т}{Р} = \frac{Т}{Т+П}, \quad \text{тогда: } T+П = \frac{Т}{\frac{Т}{Р}},\ П = \frac{Т}{\frac{Т}{Р}} - T,$$

или

$$П = T\ \left(\frac{1-\frac{Т}{Р}}{\frac{Т}{Р}}\right), \text{ кг/м}^3 \quad (16)$$

4. Расход щебня определяется аналогично:

$$\frac{Р}{Б} = \frac{Р}{Р+Щ},$$

$$Р+Щ = \frac{Р}{\frac{Р}{Б}};\ Щ = \frac{Р}{\frac{Р}{Б}} - Р,$$

$$\text{или } Щ = Р\ \left(\frac{1-\frac{Р}{Б}}{\frac{Р}{Б}}\right), \text{ кг/м}^3 \quad (17)$$

Таким образом, в расчётах с использованием относительных характеристик $\frac{Ц}{Т}$; $\frac{Т}{Р}$; $\frac{Р}{Б}$, можно получить математические зависимости, отражающие их связь с составом бетона и его средней плотностью.

Важным достоинством предложенного метода оценки состава бетона, как и вообще любого композиционного материала или многокомпонентной системы, является возможность использования его да создания банка данных, опираясь на полученную модель композиционного материала. Пользуясь принятыми относительными характеристиками при исследовании бетонов, нетрудно установить, что они будут иметь вполне определённые пределы существования, которые всякий раз будут изменяться при изменении свойств, входящих в состав бетона материалов, но никогда не выйдут за пределы 0 и 1. А это значит, что, в рамках принятых относительных характеристик бетонов, можно исследовать любые бетоны независимо от вида и качества входящих в их состав материалов. Более того, возникает возможность проведения сравнительной оценки как любых компонентов бетона, так и любых видов бетона между собой, а также различных технологических приёмов. Это положение представляется особо важным при создании банка данных для бетонов.

В пределах пространства, ограниченного принятыми относительными характеристиками можно получить любые соотношения компонентов бетона и изучить его свойства в зависимости от свойств исходных материалов и технологии его получения. Систематические и целенаправленные исследования бетонов на основе принятых относительных характеристик обеспечат постоянное наполнение банка данных информацией, будут способствовать уточнению зависимостей свойств бетонов от состава и качества входящих компонентов и повышению достоверности получаемых данных.

Следует отметить, что по желанию экспериментаторов относительные характеристики можно принимать и другими:

$$A'_1 = \frac{Ц}{Ц+П};\ A'_2 = \frac{Ц+П}{Ц+П+Щ};\ A'_3 = \frac{Ц+П+Щ}{Ц+П+Щ+В},$$

или

$$A''_1 = \frac{П}{П+Щ};\ A''_2 = \frac{П+Щ}{П+Щ+Ц};\ A''_3 = \frac{П+Щ+Ц}{П+Щ+Ц+В},$$ и так далее.

Принципиально это не имеет значения, однако даёт возможность по-другому оценить материал, выявить другие его особенности.

Выводы. Таким образом, принятая схема взаимодействия элементов системы и ее графическая интерпретация, дает возможность раскрыть сущность их относительной взаимосвязи, позво-

ляет проследить механизм взаимодействия системы с последовательно увеличивающимся числом элементов, в результате чего она переходит от простой, с двумя элементами, к сложной, с тремя и более. Включение в состав многокомпонентной системы каждого последующего элемента позволяет оценить его влияние на свойства, проследить как происходит усложнение системы (композиционного материала) и изменение её качества, за счёт последовательного и управляемого увеличения числа элементов, а также определить пути оптимизации.

С помощью принятых относительных характеристик содержания компонентов в бетоне можно не только управлять составами, но они могут быть использованы также при определении средней плотности и расчета расходов компонентов на 1 м^3 бетона.

Применение относительных характеристик дает возможность создания банка данных для бетонов и на его основе совершенствовать составы и свойства бетонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисюк Е.А. Разработка составов и технологии песчаного (мелкозернистого) бетона из барханных песков Туркменской ССР для жилищного строительства: дис…. канд. техн. наук. М., 1988. 209 с.

2. Вознесенский В.А., Лященко Г.В. Особенности планирования эксперимента и решение интегральных задач в системах “смесь I смесь II – технология – свойства” // Заводская лаборатория. 1986. №12. С.55–56.

3. Вознесенский В.А., Выровой В.Н., Корш В.Я. Современные методы оптимизации композиционных материалов. Киев: Будивельник, 1983. 143с.

4. Руководство по подбору состава тяжёлого бетона. М.: Стройиздат, 1979. 103с.

5. Борисюк Е.А., Ларгина О.И. Применение новых независимых переменных для совершенствования методов оптимизации многокомпонентных и структурированных систем /Сб. докладов участников круглого стола «Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов». М.: Изд. АСВ, 2007. С.38–43.

6. Чистов Ю.Д., Борисюк Е.А., Левшунов Р.Т. К вопросу выбора портландцемента для изготовления высоковольтных изоляторов // Вестник электроэнергетики. 1996. №1. С.53–60.

7. Харитонов А.М. Развитие методов оптимизации составов многокомпонентных строительных композитов. // Фундаментальные исследования. 2015. № 11-3. С. 520–523.

8. Ахназарова С. Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М.: Изд. В.Ш., 1985. 327 с.

9. Кошелева Е.А., Гурьев А.М. Оптимизация химического состава насыщающих смесей при диффузионном борировании инструментальных сталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2009. № 5. С. 76–77.

10. Кошелева Е.А., Нестеренко А.Г., Иванов С.Г., Гурьев А.М. Оптимизация химического состава насыщающих смесей при диффузионном упрочнении инструментальных сталей // Труды VI Международной научной школы-конференции «Фундаментальное и прикладное материаловедение». Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. С. 179–183.

11. Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Иванов С.Г. Оптимизация состава многокомпонентной насыщающей смеси на основе бора и хрома для поверхностного легирования сталей // Ползуновский альманах. №1. Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. С. 131-135.

12. Нугманов А.Х-Х., Титова Л.М., Алексанян И.Ю., Фоменко Е.В. Оптимизация рецептур многокомпонентных продуктов методами теории подобия и ее практической реализации // Техника и технология пищевых производств. 2015. Т.39. №4. С. 63–70.

13. Ахмадиев Ф.Г., Гильфанов Р.М. Математическое моделирование и оптимизация «состав-свойство» многокомпонентных смесей // Известия казанского ГАСУ. 2012. №2. С. 289–297.

14. Яковис Л.М. Математическое моделирование и оптимизации управляемых процессов приготовления многокомпонентных смесей: дис…. докт. техн. наук. С.-П. 2002. 333 с.

15.Bonvalet M., Philippe T., Sauvage X., Blavette D. Modeling of precipitation kinetics in multicomponent systems: Application to model superalloys // Acta Materialia. 2015. Vol. 100. Pp. 169–177.

Информация об авторах

Борисюк Евгений Александрович, ст. преподаватель кафедры технологии, организации и управления строительством, кандидат технических наук. E-mail: evgen1002@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Борисюк Е.А., 2018

[1,*]Borisyuk E.A.
[1]*Federal state budget educational institution of higher education*
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26
**E-mail: evgen1002@mail.ru*

THE RELATIVE INTERCONNECTION OF COMPONENTS IN MULTICOMPONENT SYSTEMS (PART 1)

Abstract. *The design considerations for multicomponent systems are still relevant nowadays. Researching of simplification processes of increasingly complex composite materials, mixtures, solutions, etc., requires brand new ways to identify patterns and characters of component's effects inside the system. Such solutions could include converting models of multicomponent systems from linearly-linked into a system with independent variables based on established principle of relative interconnection of components in multicomponent systems: for any multicomponent systems (composite material) there is one-to-one correspondence of its properties to sequential range of relative independent values:* A_1; A_2; A_3; ...; $A_{(n-1)}$, *describing its structure and reflecting the relative relationship of system components* ($a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n$) *expressed as:* $A_{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} a_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$. *The proposed universal, general, independent and controlled variables fully reflect the quantitative characteristics of structure and can be used in a mathematical planning of experiments to optimize the compositions of multicomponent systems. The accepted scheme of element's interactions of the system and its graphical interpretation gives the opportunity to reveal the essence of their relative interconnection and allows tracking mechanism of system interaction with consistently increasing number of elements, in a result leading that scheme from simple with two elements to complex with three or more. Within the bounds of accepted relative specifications for concrete, one can examine any concrete, regardless of the type and quality of its components. Moreover, it is possible to provide a comparative assessment of any component of concrete or any type of it, which is important when creating a data bank of concrete. The article presented may be a point of interest to researchers concerned with optimizing complex multicomponent systems in various areas of research.*

Keywords: *multicomponent systems, composite materials, concretes, relative interconnection of components, optimization, experiment planning.*

REFERENCES

1. Borisyuk E.A. Development of compositions and technologies of sandy (fine-grained) concrete-from sand sands of the Turkmen SSR for housing: DIS. ... Cand. Tech. Sciences. M ... 1988, 209 p.

2. Voznesensky V.A., Lyashchenko G.V. Features of experiment planning and solving of integral is defined in systems "mixture I mix II-technology-properties factory laboratory, 1986, no. 12, pp. 55–56.

3. Voznesensky V.A., Vyrovoj V.N., Korsch V.Y. Modern methods of optimization of composite materials. Kiev: Dnipro. 1983, 143 p.

4. Sizing guide the composition of heavy concrete. M.: Stroiizdat. 1979, 103 p.

5. Borisyuk E.A., Largina O.I. Application of new independent variables to improve the methods of optimization of multidimensional and structured systems. Sat. participants of the round table "Nanosystems in construction and production of construction materials. M.: Izd. ACB. 2007, pp. 38–43.

6. Chistov Y.D., Borisyuk E.A., Levshunov, R.T. Choose Portland for the manufacture of high-voltage insulators. Herald of the electric power industry, 1996, no. 1, pp. 53–60.

7. Kharitonov A.M. Development methods to optimize formulations of multicomponent composite construction. Basic research, 2015, no. 11-3, pp. 520–523.

8. Ahnazarova S.L., Kafarov V.V. Optimization techniques in chemical technology experiment, M.: IZD. Pollycarpus served Munir. 1985, 327 p.

9. Kosheleva E.A., Guryev A.M. Optimization of chemical composition of saturating at mixtures while the diffusive boronizing of tool steels. International Journal of applied and fundamental research, 2009, pp. 76–77.

10.Kosheleva E.A. Nesterenko A.G., Ivanov S.G., Guryev A.M. Optimization of chemical composition of saturating at mixtures while the diffusive hardening tool steels. Proceedings of the 6th International Scientific Conference "School of fundamental and applied materials science ". Alt. GOS. Tech. University of them. I., Jsc. Barnaul: IZD-vo AltGTU. 2009, pp.179–183.

11.Guryev M.A., Kosheleva E.A., Ivanov S.G. Optimizing the composition of multi-component mixtures of boron-based satiety and chrome for surface alloying of steels. Polzunovskij Almanac. ALT. GOS. Tech. University of them. I., Jsc. Barnaul: AltGTU, 2010, no. 1, pp. 131–135.

12.Nugmanov A. K., Titov L.M., Alexanyan I.Y., Fomenko E.V. Optimization of formulations of multi-component products methods of the theory of similarity and its practical implementation. Technique and technology of food production, 2015, vol. 39, no. 4, pp. 63–70.

13.Akhmadiev F.G., Gilfanov R.M. Mathematical simulation and optimization "composition-property of multicomponent mixtures. J. Izvestia Kazan GUSU, 2012, no. 2, pp. 289–297.

14.Jakovis L.M. Mathematical modelling and optimization of managed processes of preparation of multi-component mixtures: DIS. ... Dott. Tech. Sciences. S. p. 2002, 333 p.

15. Bonvalet M., Philippe T., Sauvage X., Blavette D. Modeling of precipitation kinetics in multicomponent systems: Application to model superalloys. Acta Materialia, 2015, vol. 100, pp. 169–177.

Information about the author
Borisyuk, Evgeny A. PhD, Senior lecturer. E-mail: evgen1002@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in Semtember 2018

Для цитирования:
Борисюк Е.А. Относительная взаимосвязь компонентов в многокомпонентных системах (Часть 1) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 32–40. DOI: 10.12737/article_5bf7e35468cbe2.48782913

For citation:
Borisyuk E.A. The relative interconnection of components in multicomponent systems (Part 1). Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 32–40. DOI: 10.12737/article_5bf7e35468cbe2.48782913

DOI: 10.12737/article_5bf7e354af97e4.14888614

[1]Селицкая Н.В., [1,*]Бодяков А.Н.
[1]Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
*E-mail: olga.koalchenko@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СРОКИ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ГРУНТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ОЧИСТКИ ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА

Аннотация. *В настоящее время на железнодорожном транспорте, в связи с проведением политики ресурсосбережения, актуальным является вопрос переработки и повторного использования имеющихся строительных материалов. В связи с этим, приоритетной задачей является внедрение при строительстве и реконструкции транспортных объектов железных дорог материалов полученных из техногенного сырья. На железнодорожном транспорте одним из видов такого сырья является отход очистки щебеночного балласта. Значительные объемы данного вида отходов характерны для всех направлений железных дорог Российской Федерации. Основной областью применения должны стать функциональные слои земляного полотна, а значит конечный продукт должен удовлетворять ряду нормативных требований. Для установления возможности использования отхода в качестве наполнителя при производстве грунтобетона, необходимо проведение лабораторных исследований, для получения физико-механических характеристик исходного и конечного материалов. Для получения прочностных показателей на грунтобетоне с использованием неорганического вяжущего, в лабораторных условиях, требуется значительный промежуток времени. В представленной статье проанализирована возможность применения пропарочной камеры при исследовании грунтобетонов на основе отходов очистки щебеночного балласта в качестве компонента наполнителя. Таким образом, в статье рассматриваются сразу несколько актуальных для современного строительства вопросов. Исследование данных вопросов позволяет: 1) ускорить сроки набора прочности грунтобетона, при лабораторных испытаниях; 2) снизить стоимость производства грунтобетона; 3) утилизировать техногенное сырье, которое не используется в других отраслях; 4) освободить значительную полезную площадь, занимаемую отходами; 5) уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.*

Ключевые слова: *щебеночный балласт, очистка балласта, техногенное сырье, укрепление земляного полотна, грунтобетон, температурно-влажностная обработка.*

Введение. На сегодняшний день на железных дорогах Российской Федерации щебеночный балласт является самым распространенным видом подшпального основания. Данный вид подшпального основания под воздействием внешних факторов подвержен сильному загрязнению в процессе эксплуатации. В связи с этим, его дренирующие свойства ухудшаются и, как следствие, балласт теряет несущую способность [1, 2]. Для восстановления исходных дренирующих свойств балласт подвергают очистке. Утилизация отходов очистки, часть которых накапливается в отвалах, а другая часть сваливается вдоль дороги по ходу движения щебнеочистительной машины, является нерешенной проблемой. Значительные земельные территории заняты отходами, оказывающими пагубное воздействие на окружающую среду. Актуальной является задача по переработке и повторному применению данного материала.

Эффективно использовать отходы эксплуатации железнодорожного пути, решая при этом проблемы ресурсосбережения в строительстве и охраны окружающей среды, является неотъемлемой частью дальнейшего развития железнодорожной отрасли [3–6].

Методология. Гранулометрический состав материала определялся ситовым методом, а оптимальная влажность и максимальная плотность методом стандартного уплотнения. Для получения картины минеральных составляющих исследуемого материала был использован метод рентгенофлуоресцентного анализа элементов.

Основная часть. С целью установления возможности использования материала, полученного в результате истирания щебня гранитных горных пород в процессе эксплуатации щебеночного балласта на Белгородской дистанции пути, были отобраны пробы для проведения испытаний. Визуально они представляют собой техногенный тонкодисперсный песок темно-серого цвета с насыпной плотностью 1545 кг/м^3 и модулем крупности Мк=1,13, при этом фракция 0,16 и менее является наиболее характерной. Гранулометрический состав, полученный после рассева исходного материала, приведён на рис. 1. Согласно классификации ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ технические условия»

полученный материал относится к очень мелкому песку.

Результаты, полученные с помощью рентгенофлуоресцентного анализа пробы исходного техногенного сырья (рис. 2), показали, что наиболее характерными веществами, составляющими основу, являются: кремнезем (70 % от массы), глинозем, а также оксиды кальция и железа. Остальные элементы присутствуют в малых количествах.

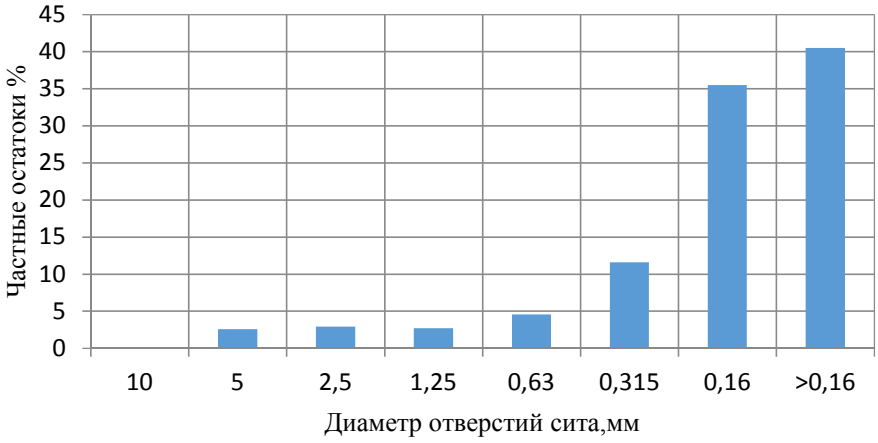


Рис. 1. Гранулометрический состав грунта

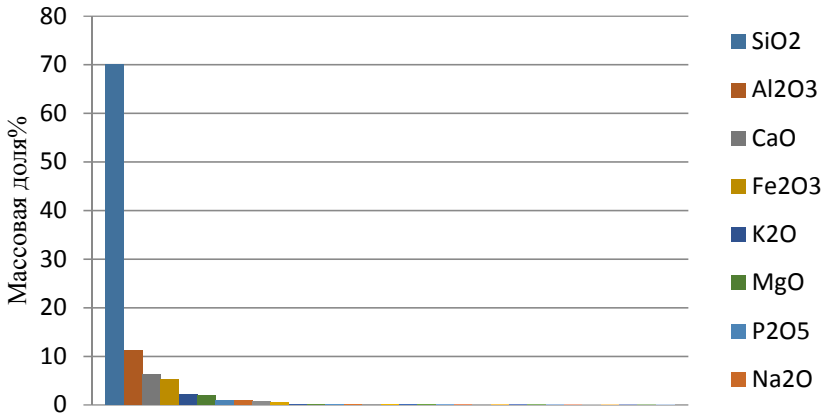


Рис. 2. Распределения основных оксидов

Для испытываемого грунта, согласно ГОСТ 22733-2016 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности», была определена оптимальная влажность и максимальная плотность (рис. 3). Из графика видно, что оптимальная влажность составляет W= 12 %, при этом максимальная плотность скелета грунта равна ρd=1,85 г/см^2. Используя полученные значения оптимальной влажности и максимальной плотности, осуществлялся подбор состава для укрепления грунта минеральным неорганическим вяжущем (цемент ЦЕМ I 42,5 Н) .

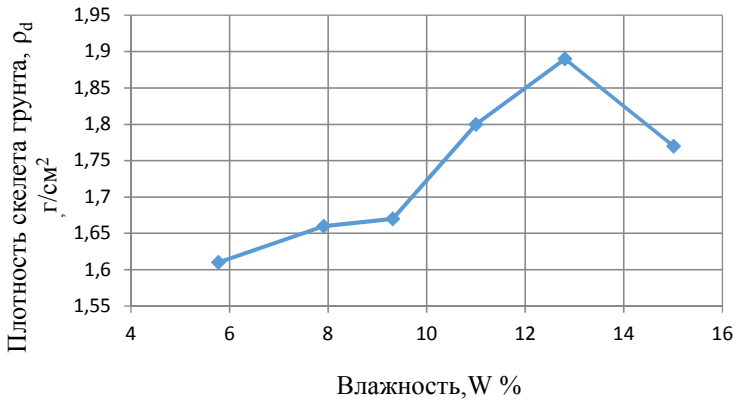


Рис. 3. График зависимости плотности скелета грунта от влажности

Так как значительную стоимость укрепленного грунта составляет цемент, то оптимальным будет считаться состав, при котором с минимальным содержанием вяжущего вещества, будут достигнуты требуемые физико-механические характеристики [7–12]. В проведенных экспериментах процентное соотношение при укреплении грунта минеральным вяжущем было принято в размере 8 %. Количество цемента рассчитывалось от общей массы укрепляемого грунта.

Согласно ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства», было произведено укрепление грунта. Предварительно песок был высушен до постоянной массы, при температуре 105 °С в сушильном шкафу. Далее было произведено смешение с цементом, и одновременное увлажнение до оптимальной влажности. В формы-цилиндры размером 50,05×50,05 мм засыпалась смесь подобранного состава, далее она уплотнялась. Формование образцов производилось на прессе, в течение 3 минут под нормативной нагрузкой. После уплотнения грунта оптимального состава, полученные образцы-цилиндры взвешивались и проводился замер геометрических параметров.

ГОСТ 23558-94 предполагает твердение образцов-цилиндров в нормальных условиях (температура воздуха t=20±2 °С, влажность – не менее 95 %) в течение 28 суток. Для исследования вопроса о возможности использования пропарочной камеры для ускорения сроков набора прочности грунтобетона были проведены следующие опыты [13, 14].

Все полученные образцы после формовки были разделены на серии (табл. 1.). Первая и вторая серии полученных образцов – контрольные, они набирали прочность в нормальных условиях в течение 28 суток. Остальные серии образцов помещались в пропарочную камеру и подвергались температурно-влажностной обработке. Температура обработки составляла t= 80 ±5 °С. Для выбора оптимального цикла обработки было решено использование двух различных вариантов 2-4-2 и 4-8-2 (набор температуры - время пропаривания – время остывания). С контрольными сериями производилось сравнение остальных серий образцов.

Таблица 1

Исследуемые серии образцов

Наименование	Цикл пропаривания	Сроки испытания, сут	Водонасыщение
1 серия	контроль	28	капилярное
2 серия	контроль	28	полное
3 серия	2-4-2	После пропарки	-
4 серия	4-8-2	После пропарки	-
5 серия	4-8-2	7	-
6 серия	4-8-2	14	-

После завершения температурно-влажностной обработки по первому циклу (2-4-2) на 3 серии образцов было оценено их водонасыщение (рис. 4) и определен предел прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии. После окончания пропаривания по второму циклу (4-8-2) для 4,5,6 серии образцов, аналогично первому циклу, было оценено водонасыщение (рис. 4) и предел прочности на сжатия для 6 серии. При этом 5 и 6 серии образцов были помещены в камеру с нормальными условиями твердения на 7 и 14 суток соответственно. Эта операция была проведена для получения динамики набора прочности грутнобетонных образцов после их обработки. На 7 сутки – 5 серия, а на 14 сутки – 6 серия были испытаны аналогично 3 и 4 сериям. Спустя 28 суток первая серия была подвержена капилярному водонасыщению в течение 72 часов, вторая серия - полному водонасыщению в течение 48 часов (рис. 4) и проведено испытание на прочность.

Результаты испытаний показали (рис 5.), что образцы после пропарки по циклу 4-8-2 (серия 4) набирают прочность, соответствующую 100 % прочности при полном водонасыщении (серия 2), это существенно сокращает время лабораторных испытаний данного материала (примерно на 27 дней). Дальнейшего набора прочности на 7 и 14 сутки после пропарки не наблюдалось. Цикл 2-4-2 показал набор только 80 % прочности (серия 3) относительно таких же образцов в возрасте 28 суток и полном водонасыщении. При этом образцы при полном водонасыщении имеют показатель прочности ниже на 20 % образцов с капилярным водонасыщением.

Исследуемый материал показал высокие прочностные характеристики (М40), что соответствует нормативным требованиям по ГОСТ 23558-94. Из этого следует что материал является пригодным для приготовления грунтобетона, а дельнейшие его исследования являются перспективными.

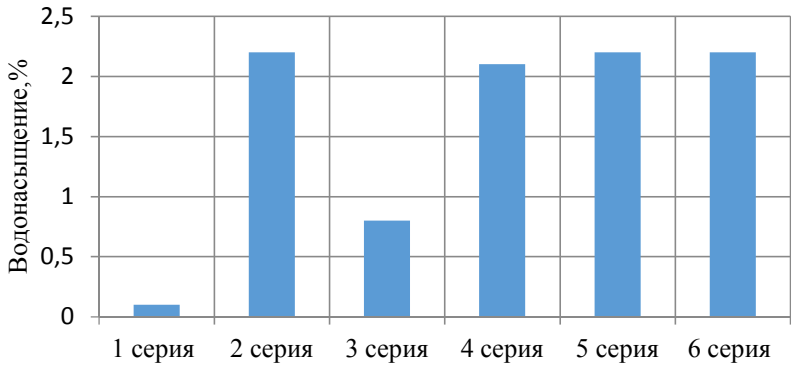


Рис. 4. Водонасыщение грунтобетонных образцов в зависимости от времени и условий твердения

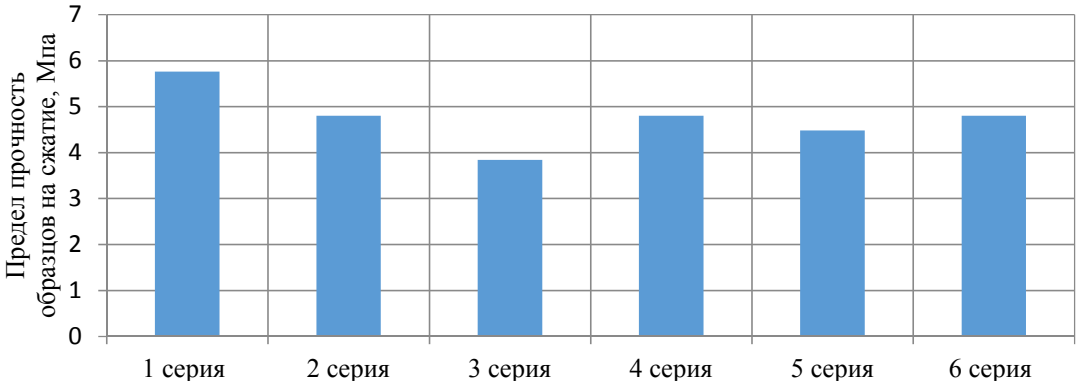


Рис. 5. Прочностные показатели

Выводы. В результате проведенных исследований была оценена пригодность отхода очистки щебеночного балласта для укрепления его цементом. Так же были установлены зависимости влияния температурно-влажностной обработки на динамику набора прочности грунтобетонных образцов. Основываясь на полученных данных можно утверждать следующее: 1) применение пропарочной камеры для ускорения набора прочности грунтобетона – целесообразно; 2) оптимальным является режим пропаривания по циклу 4-8-2; 3) предел прочности при сжатии серий образцов полученных после пропарочной камеры, сопоставим с образцами в возрасте 28 суток, подвергшихся полному водонасыщению; 4) при добавлении в грунтобетон стабилизатора, а также при введении в цемент добавок – требуется проведение дополнительных испытаний для установления изменения полученных зависимостей.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. №877р.

2. Величко Д.В., Толстикова Н.А. Анализ загрязненности щебеночного балласта // Известия Транссиба Сибирский государственный университет путей сообщения. 2016. № 3. С. 110–117.

3. Гусев Н.К. Строительство конструктивных слоев аэродромных и дорожных одежд из местных материалов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 2 (65). С. 21–22.

4. Nakamura T. et al. Development of railway roadbed improvement method for existing lines by reusing deteriorated ballast // Quarterly Report of RTRI. 2014. T. 55. №. 1. Pp. 46–50.

5. Горлов А.В. Инновационный подход к реконструкции земляного полотна // Мир транспорта. 2016. Т. 14. №. 3. С. 106–122.

6. Jian Q. Study on depth of roadbed working area and its influence factor // Urban Roads Bridges & Flood Control. 2013. T. 10. Pp. 044.

7. Kharun M., Svintsov A. P. Soil-Cement Ratio and Curing Conditions as the Factors of Soil-Concrete Strength // Key Engineering Materials 2017. Vol. 73. Pp. 358–363.

8. Ланис А.Л., Разуваев Д.А. Усиление грунтов земляного полотна на подходах к мостам и

путепроводам // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2016. № 3. С. 97–104.

9. Загородных К.С., Кукина О.Б. Анализ проблемы укрепления глинистых грунтов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2016. №. 9. С. 55–63.

10. Акимов А Е., Траутваин А.И., Черногиль В. Б. Повышение физико-механических характеристик укрепленных грунтов при применении стабилизирующих добавок серии Чимстон / Наука и образование в современных условиях: сб. материалов международной (заочной) научно-практической конференции // Научно-издательский «Мир науки» (Нефтекамск, 15 сентября 2017 г.), Нефтекамск: Изд-во Научно-издательский центр "Мир науки", 2017. С. 49–55.

11.Li Z., Ma J., Yuan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite // Modeling and Computation in Engineering II. 2013. T. 201. Pp. 207-212.

12.Pereira R. S. et al. Mechanical stabilization of soils as alternative for construction of low cost forest road //Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais. 2017. T. 5. №. 3. Pp. 212–217.

13.Ramezanianpour A.A., Khazali M.H., Vosoughi P. Effect of steam curing cycles on strength and durability of SCC: A case study in precast concrete // Construction and Building Materials. 2013. № 49. Pp. 807–813.

14.Hanifac A., Kimb Y., Lua Z., Park Ch. Early-age behavior of recycled aggregate concrete under steam curing regime // Journal of Cleaner Production. 2017. № 152. Pp. 103–114.

Информация об авторах

Селицкая Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог. E-mail: karavan1987@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бодяков Александр Николаевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: olga.koalchenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в апреле 2018 г.

© Селицкая Н.В., Бодяков А.Н, 2018

[1]Selitskaya N.V., [1,]*Bodyakov A.N.

[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
**E-mail: olga.koalchenko@mail.ru*

THE EFFECT OF TEMPERATURE-HUMIDITY TREATMENT IN TERMS OF SOIL CONCRETE STRENGTH BASED ON TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF BALLAST STONE CLEANING

Abstract. *At present, in the context of resource-saving policy, the issue of recycling and reusing of existing building materials is relevant in the railway transport. In this regard, the priority task is to embed materials for the construction and reconstruction of railway transport facilities derived from technogenic raw materials. Raw materials of ballast stone cleaning is a type of such raw material. Significant volumes of this type of waste are typical for all directions of Russian railways. The main application area should be functional layers of the roadbed; therefore, the final product must satisfy a number of regulatory requirements. To establish the possibility of using waste as a filler in the production of ground concrete, it is necessary to conduct laboratory studies to obtain the physical and mechanical characteristics of the source and final materials. A considerable time interval is required to obtain strength indexes on ground concrete using an inorganic binder in laboratory conditions. The article presents the possibility of using a steam chamber for the investigation of ground concrete based on wastes of ballast stone as a filler component. Thereby a few relevant issues for modern construction are considered in the article. The study of these issues allows: 1) to accelerate the recruitment time of ground concrete in laboratory tests; 2) to reduce the cost of ground concrete production; 3) to reclaim technogenic raw materials that are not employed in other industries; 4) to release a significant useful area that is occupied by waste; 5) to reduce the ecological impact on the environment.*

Keywords: *ballast stone, ballast cleaning, technogenic raw materials, stabilization of roadbed, ground concrete, temperature and humidity treatment.*

REFERENCES

1. Railway transport development strategy in the Russian Federation until 2030 Approved by order of the Government of the Russian Federation on 17 june 2008, no. 877 p.
2. Velichko D.V., Tolstikova N.A. Analysis of contamination of the crushed stone ballas. Journal of Transsib Railway Studies. Siberian Transport University, 2016, no. 3, pp. 110–117.
3. Gusev N.K. Construction of structural layers of airfield and road clothes made of local materials. Science and technology in the road sector, 2013, no. 2 (65), pp. 21–22.
4. Nakamura T. et al. Development of railway roadbed improvement method for existing lines by reusing deteriorated ballast. Quarterly Report of RTRI, 2014, vol. 55, no. 1, pp. 46–50.
5. Gorlov A.V. Innovative approach to the reconstruction of roadbed. World of transport, 2016, T. 14, no. 3, pp. 106–122.
6. Jian Q. Study on depth of roadbed working area and its influence factor. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2013, vol. 10, pp. 044.
7. Kharun M., Svintsov A.P. Soil-Cement Ratio and Curing Conditions as the Factors of Soil-Concrete Strength. Key Engineering Materials, 2017, vol. 730, pp. 358–363.
8. Lanis A.L., Razuvaev D.A. Strengthening the soils of the roadbed on approaches to bridges and overpasses. Bulletin of the Rostov State University of Railway Transport, 2016, no. 3, pp. 97–104.
9. Zagorodnykh K. S., Kukina O. B. Analysis of clay soil strengthening problem. Scientific Herald of Voronezh state University of architecture and civil engineering. Series: Student and science, 2016, no. 9, pp. 55–63.
10. Akimov A.E., Trautvain A.I., Chernogil V.B. Increase of physical and mechanical characteristics of fortified soils with the use of stabilizing additives of the Chimston series. Science and education in modern conditions: Sat. materials of the international (correspondence) scientific and practical conference. Scientific and publishing "The World of Science" (Neftekamsk, September 15, 2017), Neftekamsk: Publishing House Science and Publishing Center "World of Science", 2017, pp. 49–55.
11. Li Z., Ma J., Yuan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite. Modeling and Computation in Engineering II, 2013, vol. 201, pp. 207–212.
12. Pereira R. S. et al. Mechanical stabilization of soils as alternative for construction of low cost forest road. Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 212–217.
13. Ramezanianpour A.A., Khazali M.H., Vosoughi P. Effect of steam curing cycles on strength and durability of SCC: A case study in precast concrete. Construction and Building Materials, 2013, no. 49, pp. 807–813.
14. Hanifac A., Kimb Y., Lua Z., Park Ch. Early-age behavior of recycled aggregate concrete under steam curing regime. Journal of Cleaner Production, 2017, no. 152, pp. 103–114.

Information about the authors
Selitskaya, Natalya V. PhD, Assistant professor. E-mail: karavan1987@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bodyakov, Aleksandr N. Postgraduate student. E-mail: olga.koalchenko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in April 2018

Для цитирования:
Селицкая Н.В., Бодяков А.Н. Влияние температурно-влажностной обработки на сроки набора прочности грунтобетона на основе техногенного сырья очистки щебеночного балласта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 41–46. DOI: 10.12737/article_5bf7e354af97e4.14888614

For citation:
Selitskaya N.V., Bodyakov A.N. The effect of temperature-humidity treatment in terms of soil concrete strength based on technogenic raw materials of ballast stone cleaning. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 41–46. DOI: 10.12737/article_5bf7e354af97e4.14888614

DOI: 10.12737/article_5bf7e355027619.97452373

[1,*]Аляутдинова Ю.А.
[1]*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*
Россия, 414056, Астрахань, ул. Татищева, д. 18
**E-mail: alautd@mail.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ

Аннотация. *Научно-технический прогресс все увеличивает скорость роста, тем самым повышая потребность в энергии во многих отраслях народного хозяйства. Путь, на который вступили развитые страны после 70-ых годов прошлого века – это путь энергосбережения. Российская Федерация пока идет по пути наращивания потребления энергоресурсов. Не исключением является жилищно-коммунальное хозяйство. Около 80 % энергоресурсов жилищно-коммунального хозяйства идет на обеспечения отопления зданий. Такой большой процент объясняется снижением энергоэффективности зданий в связи с истекшим сроком службы строительных конструкции зданий, а также не соблюдения нормативов при возведении новых. Если в решении этого вопроса обратиться к опыту развитых стран, то можно увидеть пути решения этого вопроса. Одно из тенденций энергосбережения – это использования солнечной энергетики. Есть два способа применения солнечной энергии: пассивный метод (улучшения характеристик здания) и активный метод (гелиоколлектор). Один из замыслов энергосбережения в пассивном доме связан с архитектурно-планировочными решениями: применение стены «Тромба-Мишеля»; создание стеклянного каркаса для защиты здания от негативного воздействия окружающей среды, так называемые «дома – теплицы». При эксплуатации в России имеются ряд недостатков. В первом случае – это низкое термическое сопротивление ограждающих конструкций (остекления), во втором случае – это высокая стоимость капитальных вложений при постройке такого дома. При комбинировании этих двух видов, можно предложить использовать воздушную прослойку, которая позволяет увеличить термическое сопротивление ограждающей конструкции на 30 %.*

Ключевые слова: *солнечная энергетика, стена «Тромба-Мишеля», энергосберегающие технологии, воздушная прослойка, «пассивный» дом, термическое сопротивление ограждающих конструкций.*

Введение. На данный момент одной из главных проблем современного мира является наращивание темпа развития промышленности, за которым стремится и рост потребления энергоресурсов. Особенно это актуально для стран с развивающейся экономикой, к их числу принадлежит и Россия. Одной из ведущих отраслей, расходующих значительное количество природных ресурсов в нашей стране, считается система жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Современную Россию можно назвать северной страной: ее основная часть расположена между 70° и 50° северной широты, около 20 % территории лежит за Северным полярным кругом, следовательно, на отопление зданий тратится до 80 % от общего числа тепловой энергии, потраченной на ЖКХ. Во всех развитых странах эта цифра падает, однако в России она растет. Из этого вытекают два важных для нас момента: увеличение строительства нового жилья и ухудшение качества эксплуатируемого, построенного до 2000 года [1–2].

В связи с последними тенденциями на мировом рынке энергоресурсов в России все больше и больше внимания уделяется вопросу энергосбережения. На государственном уровне давно принят закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», однаков данный момент ситуация в сторону экономии не сильно продвинулась, регионах она складывается еще хуже [3]. Некоторые строящиеся дома еще не соответствуют нормативным документам (СНИПам и ГОСТам). Повышение цен на топливно-энергетические ресурсы внутри страны уже началось: первое повышение коснулось цены бензина, постепенно будут повышаться прейскуранты газа и электричества. Следовательно, российскому потребителю придется использовать энергосберегающие технологии

Основная часть В странах ЕС программы по снижению энергопотребления начали разрабатываться с 80-ых годов прошлого века, поэтому изучение их опыта и применение его на практике насущно и для нашей страны [4–5].

Разумеется, нельзя идентифицировать климат северных европейских стран с климатом нашей страны: различия наблюдаются и в продолжительности отопительного периода, и в средних наружных температурах; однако некоторые решения можно применить и в наших условиях. Энергосбережение в области ЖКХ стран ЕС идет в трех направлениях:

1. Сокращение теплопотерь зданиями (термос-здания);

2. Пассивное и активное использование возобновляемых источников энергии (солнечные коллекторы и ветрогенераторы);

3. Внедрение новых информационных технологий в управление микроклиматом внутри здания, так называемый «умный дом» [15].

Рассмотрим второе направление более подробно. Проанализируем использование солнечной энергии в условиях Российской Федерации. Солнце является причиной многих необходимых процессов на нашей планете, его энергия дарит нам жизнь, так как является ее источником. Оно также участвовало в создании энергоресурсов, которые активно тратятся сейчас. Солнечная энергетика в свою очередь является одним из перспективных направлений развития возобновляемых источников энергии.

По данным исследований, проводившихся в Институте энергетической стратегии, солнечная энергетика в России составляет более 2300 млрд тонн условного топлива, экономический потенциал – 12,5 млн т.у.т. Стоит, однако заметить, что ввиду особенности географического расположения Российской Федерации, мощность солнечной радиации значительно изменяется от 810 кВт-час/м^{2}в год в отдаленных северных районах, до 1400 кВт-час/м^2 в год в южных районах. Еще одним немаловажным фактором влияющим на плотность солнечной энергетики являются сезонные колебания, максимальные в летний период (11,41кВт-час/м^{2}в день), минимальные, соответственно в зимний период (1,69кВт-час/м^2) [1,6].

Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей), в Южной Сибири, и на Дальнем Востоке. Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики – Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Причем некоторые районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходят уровень солнечной радиации южных регионов [7].

Как же можно использовать солнечную энергетику? Есть два способа – активный (солнечные батареи и солнечные коллекторы) и пассивный. Доминирующей концепцией дома пассивного вида становится архитектурно-планировочное решение. В эксплуатируемый объем здания должно как можно больше попадать солнечной энергии от зимнего солнца. Поэтому дом должен быть ориентирован по сторонам света. Планируется, что северная часть дома будет глухо и хорошо термоизолированной, противоположная часть (южная) будет как можно больше иметь больших панорамных окон для поглощения солнечной энергии. Пассивный способ получение пользы от солнца состоит в том, что солнечная энергия проникает в здание через ограждающие конструкции. Для более эффективного использования этой энергии, ограждающие конструкции должны быть из светопрозрачного материала. Чаще всего используют стекло или бесцветный сотовый поликарбонат. Сотовый поликарбонат – достаточно капризный материал, который требует особых условия хранения перед установкой, а также высококачественной профессиональной установки. Только в этом случае получается конструкция, сохраняющая эксплуатационные свойства на десяток лет. Стекло, а именно стеклопакеты, являются более дорогим материалом, но менее требовательны к условиям хранения и установки. Чтобы наиболее эффективно использовать стеклопакеты, лучше всего устраивать панорамное остекление: во-первых, по максимуму используется благоприятное воздействие естественного освещения на организм человека, а во-вторых, свет наиболее полно попадает внутрь помещения [8–9].

Известный пример применения пассивного использования солнечной энергии – это стена «Тромба-Мишеля» (рис. 1) [10].

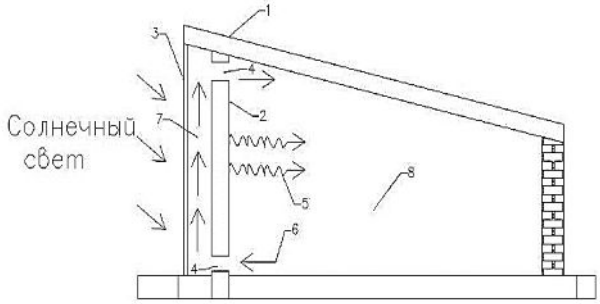


Рис. 1 Стена «Тромба-Мишеля»:
1 – здание; 2 – массивная стена; 3– остекление;
4 – отверстия для прохождения воздуха; 5 – нагретый воздух; 6 – воздух; 7 – воздушная прослойка;
8 – отапливаемое помещение.

Разберем принцип ее работы: через остекление (3) солнечные лучи попадают внутрь помещения (8), где они нагревают стену (стена должна быть массивной и окрашена в черный цвет), после того как стена нагреется, она отдает теплообогреваемому помещению, также используется рассеянное излучение, образующее в воздушной прослойке (7), путем нагревания воздуха, который через отверстия (4) попадает в помещение.

Еще один вид здания пассивного типа – это дома-теплицы. Дом закрывается каркасом из стекла, который защищает его от негативного воздействия климата и является теплоизолятором для дома, тем самым увеличивая энергоэффективность. За счет чего это происходит? Внутри пространства каркаса создаются тепловые потоки воздуха, не дающие теплу от дома уходить в холодную окружающею среду. Еще одна полезная опция – возможность устраивать приусадебные участки и выращивать огородно-культурные растения даже в северных странах. Впервые идея такого дома прозвучала в 70-х годах прошлого века, но тогда большого распространения она не получила. Сейчас, с развитием строительных технологий, в ЕС вновь вернулись к этой забытой идее.

Проблема домов, использующих стену «Тромба-Мишеля»–это большие панорамные окна, необходимые для прохождения солнечного света. Как известно, остекление имеет достаточно низкий коэффициент термического сопротивления теплопередачи (R_i), даже при наличии пятикамерных окон с двухкамерным остеклением коэффициент составляет в среднем0,6 м^2·°С/Вт.

Общие теплопотери через конструкцию складываются как удельные теплопотери через ограждающую конструкцию [11–12]:

$$q_{о.к} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_в} + R_i + \frac{1}{\alpha_н}} \quad (1)$$

где $q_{о.к}$ – плотность теплового потока через ограждающие конструкции, Вт/м^2; Δt – температурный напор между грузом и расчетной наружной температурой:

$$\Delta t = t_в - t_н; \quad (2)$$

α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·К); R_i – приведенной коэффициент сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт.

Индексы: *в* – расчетные параметры внутренней среды, *i* – параметры ограждающей конструкции, *н* – расчетные параметры окружающей среды, *о.к* – ограждающая конструкция.

Суммарные теплопотери будут определяться через площадь наружной конструкции по формуле:

$$Q_{о.к} = q_{о.к} \cdot F_{о.к} \quad (3)$$

где Q – тепловой поток, Вт; F – площадь, м^2.

Коэффициент теплоотдачи воздуха со стороны внутренней стенки можно взять из таблицы 4 (СНиП 23-02-2003):

$$\alpha_в = 8 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

$$\alpha_н = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Подставив значения, мы получим: $q_{о.к.}$= 42 Вт/м^2, а для стены по нормативным значениям: $q_{о.к.}$ –14 Вт/м^2. Разница есть ощутимая. Сложности использовании дома-теплицы – это дорогостоящие технологии возведения стеклянных каркасов. Не каждая фирма возьмется за этот проект, да и конечному потребителю он обойдется не дешево.

А что, если скомбинировать эти два вида (рис. 2), тогда у нас получится здание с воздушной прослойкой.

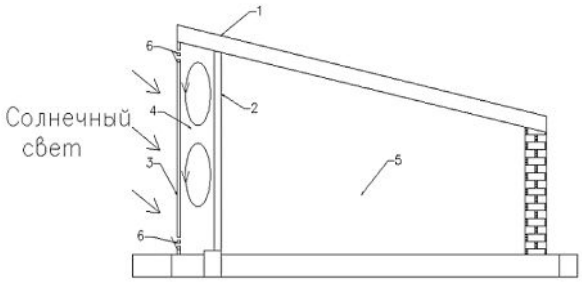


Рис. 2. Здание с воздушной прослойкой:
1 – здание; 2 – горизонтальные жалюзи;
3 – остекление; 4 –воздушная прослойка;
5 –отапливаемое помещение; 6 –отверстие для прохождения воздуха

Например, стену можно сделать не массивной, а достаточно легкой, и материал заменить не на поглощающий, а на отражающий, сделать что-то похожее на горизонтальные жалюзи. Солнечная энергия проходила бы через стекло (3), попадала бы на стену (2) и отражалась, рассеиваясь и тем самым нагревая воздух в воздушной прослойке (4). По законам физики теплый воздух поднимается вверх, упирается в потолок и холодное стекло, тем самым охлаждаясь, и опускаясь вниз. При условии, если у нас ограничена толщина воздушной прослойки, то воздуху значительно сложнее опускаться вниз, встречные потоки воздуха затрудняют ему движения. В результате этих движений структура потоков имеет ячеистый характер, не дающий тепловой энергии выходить через окно в окружающую среду. Такое движение воздуха наблюдается в домах-теплицах под стеклянным каркасом. В теплый период года для предотвращения попадания теплого воздуха внутрь помещения используются отверстия (6) в остеклении. Они позволяют нагретому воздуху из воздушной прослойки выходить в окружающую среду, уменьшая тепловую нагрузку на помещение. Теперь при расчете теплопотерь к сопротивлению теплопередачи ограждающих конструкций добавится сопротивление воздушной прослойки $R_{в.п.}$:

$$q_{о.к} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_в} + R_i + R_{в.п} + \frac{1}{\alpha_н}} \quad (4)$$

Вычислим $R_{в.п.}$, используя приложение Е (СНиП 23-02-2003). После уточнения толщины воздушной прослойки во время вычислений итераций получается; $R_{в.п.}$ = 1,219 м^2·°С/Вт. Подставляем значение в (4), получаем: $q_{о.к}$=21Вт/м^2. Если сравнить с утепленной стеной (14 Вт/м^2), результат не дотягивает, но по сравнению с остеклением (42 Вт/м^2) наблюдается улучшение сопротивления теплопередачи.

Выводы В ходе проведенного обзора была рассмотрена только малая возможность применения энергосберегающих технологий, которая активно используется в развитых странах. Применение этих принципов требует согласования с нашими климатическими условиями. Проанализировав географические условия можно сделать вывод о выгодности использования солнечной энергии даже в такой северной стране, как Российская Федерация. Конечно, стоит учитывать поправки на климат и другие особенности природы разных районов государства [13–14]. Увидели, что принципы, известные в странах, сделавших ставку на энергосбережение, можно и нужно применять в нашей стране. В ходе работы были изучены два вида здания пассивного энергосбережения, выявлены их особенности, применение которых позволит снизить теплопотери строения в окружающую среду, а также их недостатки, тормозящие массовое распространение. Предложено комбинированное использование двух рассмотренных видов здания, подсчитан процент улучшения термического сопротивления (почти в два раза). В натурных замерах это не будет выглядеть таким впечатляющим, но снижение на 30% можно спрогнозировать. Стоит также отметить, что на активное использование новых энергосберегающих технологий влияет ситуация на внутреннем рынке энергоресурсов, однако совсем скоро ситуация будет меняться – нефть и газ будут дорожать. Следовательно, картина на рынке энергосберегающих технологий в России рано или поздно изменится [16].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овчинников Ю.В., Григорьева О.К., Францева А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2015. 258с.

2. Волков А.А., Вахидова Б.Р. Энергосбережение в строительстве: из опыта стран ЕС // Интерактивная наука. № 7. С. 33–35.

3. Виньков А., Имамутдинов И., Медовников Д., Оганесян Т., Розмирович С., Хазбиев А., Щукин А. Инновации в строительном кластере: барьеры и перспективы. [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.rusdr.ru.

4. Фадеев А.В. Практика мирового энергосбережения: технологии и инструменты // Информационный бюллетень «Энергосовет». 2010. №5 С. 15–16.

5. Шуткин О.И. Проблемы использования солнца [Электронный ресурс]. URL http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9_sun_energy.html

6. География России [Электронный ресурс]. – URL https://geographyofrussia.com.

7. Матчина Е. Типы климата в России: описание, характеристики и особенности [Электронный ресурс]. URL https://www.syl.ru/article/370592/tipyi-klimata-v-rossii-opisanie-harakteristiki-i-osobennosti

8. James Ayre . Passive Solar House Design Basics – Orientation, Design Elements, & Materials - [Электронный ресурс]. URL https://cleantechnica.com/2018/03/31/passive-solar-house-design-basics-orientation-design-elements-materials/

9. Максимова Л. М. Дом-термос, или как не платить за отопление [Электронный ресурс]. URL https://www.eprussia.ru/teploenergetika/25/3187731.htm

10.Конев А.А. Стена Тромба в доме — как использовать пассивное солнечное тепло [Электронный ресурс]. URL http://gidproekt.com/stena-tromba-v-dome-kak-ispolzovat-passivnoe-solnechnoe-teplo.html.

11.Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е стереотип. М.: Энергия, 1977. 344с.

12.Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. Изд. 5-е перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1974. 416с.

13.Энергоэффективность и энергосбережение как факторы успешности бизнеса: проблемы и решения [Электронный ресурс] URL https://www.kp.ru/guide/ienergosberezhenie-i-povyshenie-ienergeticheskoi-ieffektivnosti.html

14.Пашута О. Энергоэффективность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL http://fb.ru/article/369581/energoeffektivnost-zdaniy-i-soorujeniy

15.Van Decker, G.W.E., K.G.T. Hollands, and A.P. Brunger. 2001. Heat-exchange relations for unglazed transpired solar collectors with circular holes on a square of triangular pitch // Solar Energy. 2001. Vol. 71. No. 1. Pp 33-45.

16.Москалёва Е. Г., Чегодайкина Ю. А., Шукшина М. А. Проблемы и перспективы развития

энергосбережения в российской строительной отрасли // Молодой ученый. 2015. №8. С. 585–587. URL https://moluch.ru/archive/88/17125/ (дата обращения: 18.07.2018).

Информация об авторах
Аляутдинова Юлия Амировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерные системы и экология». E-mail: alautd@mail.ru. Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 414056, Астрахань, ул. Татищева, д. 18.

Поступила в июле 2018 г.
© Аляутдинова Ю.А., 2018

[1,*]Alyautdinova Yu.A.
[1]Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, 414056, Astrakhan, st. Tatishcheva, 18
**E-mail: a.drack@yandex.ru*

THE USE OF SOLAR ENERGY TO REDUCE THE BUILDING HEAT LOSS

Abstract. *Scientific and technological progress increases the growth and necessity for energy in the national economy. After the 1970s, developed countries have chosen the path of energy conservation. The Russian Federation is still on the way of increasing energy consumption. The housing and communal services are not an exception. About 80 % of the housing and communal services energy resources are utilized to provide heating for buildings. This is explained by a decrease of building energy efficiency due to the expiration date of building structures and non-compliance with regulations during the construction. The experience of developed countries provides the solutions to this problem. One of the energy-saving trends is the use of solar energy. There are two ways to utilize solar energy: the passive method (improvement of building characteristics) and the active method (solar collector). The idea of energy saving in a passive house is based on architectural and planning solutions: the use of Trombe wall, the creation of a glass frame to protect the building from negative effects by an environment, the "greenhouses". There are several disadvantages when operating in Russia. In the first case, it is low thermal resistance of the enclosing structures (glazing). In the second case, it is the high capital investments in construction. Combination of above-mentioned types allows the use of an air gap. It increases the thermal resistance of enclosing structure by 30 %.*

Keywords: *solar energy, Trombe wall, energy conservation technologies, air gap, passive house, thermal resistance of enclosing structures.*

REFERENCES

1. Ovchinnikov Yu.V. Energy saving in heat power engineering and heat technologies: training. allowance. Novosibirsk: Publishing House of the NSTU, 2015, 258 p.
2. Volkov A.A. Energy saving in construction: from the experience of EU countries. Interactive Science, 2016, no. 7, pp. 33–35.
3. Vinkov A. Innovations in the Construction Cluster: Barriers and Prospects [Electronic resource]. Access mode: www.rusdr.ru.
4. Shutkin O.I. Problems of using the sun [Electronic resource]. URL http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9_sun_energy.html
5. Fadeev A.V. Practice of world energy saving: technologies and tools. Information bulletin Energy Council, 2010, no. 5, pp. 15–16.
6. Geography of Russia [Electronic resource]. URL https://geographyofrussia.com
7. Matchina E. Types of climate in Russia: description, characteristics and features [Electronic resource]. URL -https: //www.syl.ru/article/370592/tipyi-klimata-v-rossii-opisanie-harakteristiki-i-osobennosti.
8. James Ayre. Passive Solar House Design Basics - Orientation, Design Elements, & Materials [Electronic resource]. URL https://cleantechnica.com/2018/03/31/passive-solar-house-design-basics-orientation-design-elements-materials/
9. Maksimova L.M. Thermos house, or how not to pay for heating [Electronic resource]. URL https://www.eprussia.ru/teploenergetika/25/3187731.htm
10.Konev A.A. The wall of the thrombus in the house - how to use passive solar heat [Electronic resource]. URL http://gidproekt.com/stena-tromba-v-dome-kak-ispolzovat-passivnoe-solnechnoe-teplo.html
11.Mikheev M.A., Mikheeva I.M. The fundamentals of heat transfer. Ed. 2-nd stereotype. Moscow: Energia. 1977, 344 p.
12.Kutateladze S.S. The fundamentals of the theory of heat transfer. Ed. 5th revision. and additional. Moscow: Atomizdat. 1974, 416 p.
13.Energy efficiency and energy saving as factors of business success: problems and solutions

[Electronic resource] URL https://www.kp.ru/guide/ienergosberezhenie-i-povyshenie-ienergeticheskoi-ieffektivnosti.html

14.Pashuta O. Energy efficiency of buildings and structures [Electronic resource]. URL http://fb.ru/article/369581/energoeffektivnost-zdaniy-i-soorujeniy

15.Van Decker, G.W.E., K.G.T. Hollands, and A.P. Brunger. 2001. Heat-exchange relations for unglazed transpired solar collectors with circular holes on a square of triangular pitch. Solar Energy. 2001, vol. 71, no. 1, pp. 33–45.

16.Moskalova E.G., Chegodaykina Yu. A., Shukshina M. A. Problems and perspectives of energy saving development in the Russian construction industry. Young Scientist. 2015, no. 8, pp. 585–587. URL https://moluch.ru/archive/88/17125/ (date of circulation: July 18, 2018)..

Information about the author

Alyautdinova, Julia A. PhD, Assistant professor. E-mail: alautd@mail.ru. Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 414056, Astrakhan, st. Tatishcheva, 18.

Received in July 2018

Для цитирования:

Аляутдинова Ю.А. Использование солнечной энергии для снижения теплопотерь здания // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 47–52. DOI: 10.12737/article_5bf7e355027619.97452373

For citation:

Alyautdinova Yu.A. Using solar energy to reduce the heat loss of the building. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 47–52. DOI: 10.12737/article_5bf7e355027619.97452373

DOI: 10.12737/article_5bf7e355737437.92726649

[1,2]*Волчок Ю.П.
[1]Московский архитектурный институт (Государственная академия)
Россия, 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4
[2]НИИ теории и истории архитектуры и градостроительства
(Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»)
Россия, 111024, г. Москва, ул. Душинская, д. 9
**E-mail: yvolchok@gmail.com*

СУММА ТЕХНОЛОГИЙ В.Г. ШУХОВА. У ИСТОКОВ ЧЕТВЕРТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Аннотация. *В статье рассматривается сложение объемно-пространственной конструкции=композиции архитектонического мышления и деятельности В.Г. Шухова. Оно сформировалось в контексте сосредоточенного внимания на рубеже XIX и XX веков к построению универсальных методологических систем. Реализуемые как диалог художественного образа и интеллектуальной идеи они проявились в творчестве Шухова как технологический синтез. То, что в наше время понимается как «смешанная реальность», приводящая мир к порогу «четвертой технологической революции», веком ранее воспринималось как совмещение гуманитарного и естественно-научного знания. Именно оно по сей день служит основанием для построения авторских систем во всяком проявлении творческой деятельности. На стене у входа в научную библиотеку БГТУ приведены слова В.Г. Шухова: «Для инженера самое главное – научиться работать с книгой». Объемнее эта мысль звучит, если вспомнить и другую цитату, призванную стать вторым слагаемым в формировании «системы координат» для врастания в полноценное понимание сути инженерного творчества. Слова Р. Декарта, вынесенные на козырек над входом в один из факультетов на центральной площади университетского кампуса, здесь как нигде уместны: «Для того, чтобы совершенствовать ум, надо больше размышлять, чем заучивать». В совокупности эти два «тезиса» помогают ввести научно-творческое и инженерно-технологическое наследие В.Г. Шухова в полноценно устроенное пространство интеллектуальной истории.*

Его можно считать началом векового пути к современному пониманию возможностей «смешанной технологической реальности». Возвращение к наследию В.Г. Шухова становится практически актуальным при врастании современной методологии мышления в пространство четвертой технологической революции.

Ключевые слова: *архитектоника, объем, пространство, конструкция, композиция, технология, смешанная реальность, архитектура компьютера, научные революции.*

О четвертой технологической революции заговорили недавно. В 2018 году вышла книга Клауса Шваба «Технологии четвертой промышленной революции». В этом же году ее перевели на русский язык [1]. Напомню, что Клаус Шваб – основатель и многолетний председатель Всемирного экономического форума в Женеве. Чем вызваны большие ожидания, связанные с радикально новыми возможностями, порождаемыми нашим временем? Пожалуй, исчерпывающе глубокий ответ на этот вопрос сформулировал Сатья Наделла, генеральный директор Microsoft, представляя книгу Шваба читателям. В самом сжатом виде он сводится к необходимости объединения нескольких важных технологических трендов. При этом единое целое создается на основании «смешанной реальности». Книга дает максимально развернутый ответ на этот вопрос в «горизонтальной плоскости» предельного знания о предмете обсуждения в наши дни. (Уместно заметить, что книга создавалась для дополнительного образования).

В статье предпринята попытка вернуться к началам сложения разговора о «смешанной реальности». Их стоит попытаться выявить в методологической ситуации формирования научно-творческого (в первую очередь) мышления на рубеже XIX и XX веков. Импульсом для такого разговора послужило имя Владимира Григорьевича Шухова. Здесь необходимо свести в едином пространстве уважения к его памяти два обстоятельства.

Первое. В 2018 году – 165 лет со дня рождения В.Г. Шухова. К этой дате приурочено издание трехтомника работ и публикаций Шухова «Энергетика. Гидротехника. Строительное дело» [2]. Для исследователей (и не только) очень важно, что, воспринимая слитно, как «смешанную реальность», приемы научно-практической деятельности инженера-механика В.Г. Шухова, сводящиеся к реальным технологическим результатам, мы обретаем возможность вникнуть в устройство универсальной методики его творче-

ства. Разговор об этом становится более многогранно полным, если принять во внимание, что этот трехтомник презентовали в Доме Пашкова Российской Государственной Библиотеки в Москве на вечере памяти В.Г. Шухова в честь его 165-летия совместно с книгой А.А. Васькина «Шухов» (в серии «Жизнь замечательных людей») [3].

Но чтобы аргументировано обосновать заявленную многогранность подхода к разговору об универсальности научно-творческого мышления и деятельности В.Г. Шухова, необходимо вспомнить еще несколько изданий последних лет. (Почему так много внимания в этом тексте уделяется книгам, будет понятно ниже).

Начать надо с книги И.А. Петропавловской «Летопись инженерной и научной деятельности почетного академика В.Г. Шухова», вышедшей в 2014 году [4]. В этой, внешне максимально сдержанной в границах предложенного жанра, книге заложено, на мой взгляд, самое существенное для понимания значимости универсального пространственного восприятия мира, реализовавшееся в методологии его творчества. Здесь деятельность Шухова не разводится по отраслям, а приводится слитно, как единая, «смешанная реальность», развивающаяся во времени. Этот же, по существу, подход был востребован при формировании концепции международного конгресса в его честь в МВТУ им. Н.Э. Баумана в апреле 2014 г. Итоги конгресса зафиксированы в книге его материалов [5].

В ноябре 2013 года в Московском архитектурном институте прошла международная научно-практическая конференция, посвященная 160-летию со дня рождения В.Г. Шухова «Архитектоника инженера В.Г. Шухова» [6]. Сквозное действие этого события было построено на выявлении архитектонического по своей сути диалога художественного образа и интеллектуальной идеи, восходящего к творческому методу В.Г. Шухова. Устройство технологического содержания этого метода, воспринимаемого как объемно-пространственное целое, позволяет сосредоточиться на научно-творческом наследии Шухова, рассматриваемом как обретение целостности формообразования. Архитектура В.Г. Шухова в границах так заявленной проблемы – это не сооружения, возведенные и возводимые по его патентам по сей день во всем мире, а образное совершенство самой объемно-пространственной конструкции=композиции его мышления.

Пожалуй, ставшие классическими и широко издаваемые книги с названием «Архитектура ЭВМ» [7], «Архитектура компьютера» [8], где речь слитно идет об устройстве ЭВМ, объединяющем структуру и функционирование их устройства в единую систему со строго очерченным набором связей, определяющих ее (системы) индивидуальность. И, если, упоминая об архитектуре ЭВМ, можно сослаться на востребованность учебного пособия В.П. Новожилова, вновь вышедшего в двух частях в 2017 и 2018 годах, то, говоря об архитектуре компьютера, уместно опереться на классическую работу Эндрю Таненбаума, опубликованную в 1975 году на английском языке. В переводе на русский язык эта книга выдержала уже шесть изданий, последнее (в соавторстве с Д. Остином) – в 2013 году. В отличие от первого «блока» книг «Архитектура компьютера» рассказывает в основном о том, как формируются связи между структурными элементами, обеспечивающие целостность его функционирования как единой системы.

Наверное, стоит упомянуть здесь еще одну переводную книгу с емко говорящим названием «Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем» Дэвида Паттерсона. В 2012 году вышло четвертое издание перевода и этой книги [9].

Совмещение представлений об архитектуре как процессе срастания строительных и информационных технологий приближает нас к пониманию объемно-пространственного начала творческого мышления конструктивного восприятия мира Шуховым. В основе его должно лежать объемное мировосприятие, которое, по П.А. Флоренскому, реализуется как пространственное. «Миропонимание – есть пространствопонимание», – утверждал он [10].

Самым наглядным и убедительным подтверждением объемного видения мира Шуховым может служить ссылка на альбом его фоторабот «Россия Владимира Шухова. Личный фотоархив. Начало XX столетия», изданный совместными усилиями «Фонда Шуховская башня» и ABCdesign [11]. Фотографии в этом альбоме сделаны Шуховым при помощи аппарата «Вероскоп» французского конструктора Жюля Ришара, снабженного оптическими линзами фирмы Карла Цейса. Ж. Ришар вошел в историю как основоположник стереоскопического видения в фототехнике. Уместно обратить внимание и на то, что патент на Verascope он получил в 1893 году. Ключевые патенты В.Г. Шухова сосредоточены по времени близко к этой дате. Всемирно известная установка крекинга нефти запатентована в 1891 году. Патенты, полученные при сооружении павильонов на Нижегородской ярмарке, зафиксированы 1896 годом.

Объемное восприятие мира – одно из решающе важных, если не первостепенных, условий способности к творчеству. Шухов обладал этим,

скорее всего, природным качеством в полной мере. Наряду с этим вспомним, что В.Г. Шухов учился математике, а, точнее, осваивал возможности прикладной математики у П.Л. Чебышева. Математическая школа Чебышева по сей день пользуется всемирным авторитетом и имеет своих последователей. Основания методологии Чебышева зафиксированы в математическом описании раскроя ткани на объемной поверхности шара. Идеи Чебышева защищены патентом, а формирование их закреплено в его книге «Теория сравнений», вышедшей в Санкт-Петербурге в 1849 году. Через год она была успешно защищена как диссертация. Убедительную жизнеспособность этих идей нагляднее всего можно показать на их развитии в научном творчестве математика Л.В. Канторовича, считавшего себя одним из последователей научной школы Чебышева и получившего в 1975 году Нобелевскую премию по экономике. Самое точное описание сути восходящего к школе Чебышева миропонимания принадлежит признанному авторитету в математике И.М. Гельфанду. Он так охарактеризовал возможности школы прикладной математики П.Л. Чебышева, последователями которого в разное время были и В.Г. Шухов, и Л.В. Канторович: «В чем я усматриваю гениальность Леонида Витальевича (Канторовича – Ю.В.)? В очень простой вещи – он совмещает в себе гуманитарную и математическую культуры. Почему это существенно? Если взять отдельно каждую половину его творчества, то это работы и совершенно замечательного математика, и выдающегося экономиста. Последние удостоены Нобелевской премии. Поэтому нет необходимости доказывать, что это замечательные работы. Однако не эти две отдельные половины творчества Леонида Витальевича являются основанием для моего утверждения. И Нобелевских лауреатов, и замечательных математиков много. Но что существенно и необходимость чего так остро осознается сейчас – это некое слияние культур … Лишь единицы в XX веке оказались способны на этот синтез математической и гуманитарной культуры … В области социальных наук, чисто гуманитарных, такой синтез осуществил Л.В. Канторович. Говоря «синтез», я хочу сказать, что обе половины творчества Леонида Витальевича не есть две стороны его личности, две независимых друг от друга его профессии – будто он иногда математик, а иногда специалист по гуманитарным наукам. Речь идет о единой внутренней одухотворенности, которая одинаковым образом сказывается во всем его творчестве» [12]. Слова о «единой внутренней одухотворенности» в полной мере применимы и к творчеству В.Г. Шухова.

Таким образом, мы сделали первый шаг погружения в то, что сегодня всё настойчивее и увереннее понимается как «смешанная реальность», приводящая мир сегодня к порогу «четвертой технологической революции». Веком ранее также совмещение гуманитарного и естественнонаучного знания настойчиво воспринималось как потребность и необходимость построения **авторских систем** во всяком проявлении творческой деятельности.

Второе обстоятельство, на котором важно зафиксировать внимание, напрямую связано с пониманием В.Г. Шуховым роли книги, книжного знания в воспитании в себе способностей к полноценному инженерному творчеству. На стене у входа в научную библиотеку БГТУ приведены слова В.Г. Шухова: «Для инженера самое главное – научиться работать с книгой». Пожалуй, объемнее эта мысль звучит, если вспомнить и другую цитату, призванную стать вторым слагаемым в формировании «системы координат» для врастания полноценного понимания сути инженерного творчества. Слова Р. Декарта, вынесенные на козырек над входом в один из факультетов на центральной площади университетского кампуса, здесь как нигде уместны: «Для того, чтобы совершенствовать ум, надо больше размышлять, чем заучивать». В совокупности эти два «тезиса» вводят научно-творческое и инженерно-технологическое наследие В.Г. Шухова в полноценно устроенное пространство интеллектуальной истории [13].

Фраза «Великий инженер-механик В.Г. Шухов – наш современник» стала весьма популярной. Для ее содержательного наполнения еще предстоит внимательно, пошагово воссоздать интеллектуальный контекст его творчества. Максимально кратко обозначим основные ориентиры в том временном пространстве, в котором оно складывалось. В логике нашего разговора о формировании начал современного понимания «топологии пути» в пространство четвертой технологической революции имеет смысл углубиться в проблему исходя из общности миропонимания и пространствопонимания в архитектурно-строительном творчестве и в математике. Фундамент для такого методологически корректного сближения заложен в работах Вильгельма Виндельбанда, хорошо и достаточно систематично известных в России уже в начале прошлого века именно как целостное знание [14].

Виндельбанд выстроил основание современной науки о ценностях. Разумеется, в дальнейшем на нем выросло весьма «ветвистое дерево» аксиологической науки. Но для нашего разговора важнее акцентировать внимание на «корнях» и самых ранних ростках будущего в устройстве

знания, заинтересованного, в первую очередь, в дальнейшей «жизни и судьбе» архитектурно-строительного дела. Виндельбанд делил историческое (гуманитарное) знание и естественнонаучное – не по предметному, а по методологическому принципу. Одни науки ориентируются на осмысление индивидуальности факта, другие – на выявление сопряжений, формирующих закономерности той или иной деятельности.

Вслед за тем, необходимо подчеркнуть, какое место он уделял пониманию сути математики и ее роли в современном ему миропонимании. Математика не просто способна к анализу и синтезу, но и методологически сводит их воедино. По этой причине Виндельбанд обращает внимание на роль художественности, интуиции в строго логических построениях математики. В этом контексте уместна широко известная фраза-афоризм, у различных версий которой теперь достаточно много «авторов»: «У него (студента, аспиранта и др.) не хватило мощи интуиции и поэтому он не стал математиком. Он стал поэтом» [15].

Под таким углом зрения Виндельбанд написал свое понимание биографии и судьбы Канта. И здесь бросаются в глаза два сюжета, необходимые для погружения в «тайны» современной архитектуры, которые стоит выделить в первую очередь. Почему это так важно? Потому что своей жизненной, повседневной реальностью они могут способствовать сближению архитектуры, философии и математики, выявлению их архитектонической общности.

Зафиксировать здесь внимание важно, определяясь в поисках путей врастания в пространство четвертой технологической революции, что позволяет реконструировать те архитектонические закономерности, которые формируются в этом сближении. Архитектура, обретая естественное для нее срединное место в диалоге между культурой и цивилизацией, может стать полноценным инструментом осмысления формотворческих возможностей, порождаемых на новом этапе эволюции «суммы технологий» в пространственном миропонимании, восходящем к имени И. Канта.

Виндельбанд приводит ключевую для понимания архитектороцентричности Канта его фразу: «Дайте мне материю и я построю из нее мир» (выделено мною – Ю. В.) [16]. Акцентируемое действие здесь – «построю»… Многие проблемы, сформировавшие сегодняшнее положение дел в архитектуре (равно как в проектном творчестве, так и в архитектурной науке) уходят в XX век. Но правильнее не столько винить наследие прошедшего столетия в современных трудностях, сколько осознавать и свои (наши) долги перед ним. В частности, говоря о проблемах науки об архитектуре сегодня, нельзя не обратиться и к тому, что дало наследие И. Канта и как оно воспитывало в значительной мере методологические основы конструирования во времени всего здания гуманитарной науки и в том числе углубления знания об архитектуре в нашей стране.

При этом надо иметь в виду, что в начале десятых годов XX века строительство воспринималось как синоним творчества, в частности, поэтом и исследователем В.Я. Брюсовым [17]. Оно конкретизировало творческий процесс и переносило акцент с визионерского восприятия и поверхностного (т.е., в основном, считываемого с фасада) стилеобразования на необходимость творчески ощущать и углубляться в устройство, организацию пространственной целостности. Наряду с этим в те же годы формируется тектология – всеобщая организационная наука или, по утверждению ее автора А.А. Богданова – «гуманитарная наука о строительстве» [18].

Объем статьи не дает возможности собрать здесь все многообразие знания, формирующегося в логике заявленной методологии, предложенной В. Виндельбандом. В ее границах «биография» становления интересующей нас целостной картины исторического знания о взаимоотношениях архитектуры, строительства, философии и математики в первые два десятилетия XX века полноценно раскрывается «в связи с общей культурой и отдельными науками» своего времени.

В 1922 году М.Я. Гинзбург завершал работу над книгой «Ритм в архитектуре», вышедшей в свет, обратим внимание, в издательстве «Среди коллекционеров» в 1923 году [19]. 1919-1922 годы были творчески уникальным временем. Именно в эти годы В.Г. Шухов возводил радиобашню на Шаболовке в Москве.

Почему уместно здесь свести в общем разговоре теоретические поиски М.Я. Гинзбурга с практическим опытом В.Г. Шухова (в те же годы)? Отвечая, стоит вспомнить об утверждении С.М. Эйзенштейна, что в форме художественного произведения «сквозь конкретную непосредственность происходящего все время «сквозит» закон строения, формирующий тематическую подоплеку действия» (выделено С.М. Эйзенштейном – Ю.В.). И вслед за этим: «Закрепление закона стиля проявляется тогда, когда метод осуществления построения в определенных случаях закрепляется в стилевую форму самого построения» [20] (выделено мною – Ю.В.).

Интерес к творческому акту создания, построения Нового при изначально декларируемой

и естественно воспринимаемой общности принципов формотворческой деятельности в технике и в архитектуре предопределил методологическую направленность теоретического осмысления проблемы взаимосвязи конструкции и архитектурной формы, с ориентацией на теорию создания машины. Этот тезис для инженера-механика В.Г. Шухова был очевиден.

При этом соотношение и возможные аналогии между приемами формообразования в архитектуре и машиностроении всегда рассматривались только теоретически (гипотетически) и служили общей предпосылкой, аналитической «базой», питающей творческий процесс архитектора. М.Я. Гинзбург писал в этой связи: «…анализ машины … имеет свой смысл лишь как средство выяснения тех сторон современности, которые могут быть … полезными … в деле прогноза современной формы [21].

Говоря об аналогиях в архитектуре и машиностроении, необходимо также иметь в виду, что формообразование в последнем – не раз и навсегда сформулированное понятие, а сложный, динамический, быстро эволюционирующий процесс. Теоретики архитектуры в свое время хорошо осознавали это обстоятельство и следовали ему, чуть ли не синхронно переводя вновь появляющиеся завоевания машиноведения на предметный уровень архитектурной теории.

Реальные успехи новой теории машин и механизмов связаны в начале 1920-х годов с именем Н.И. Мерцалова. Системное в основе своей построение Н. Мерцаловым теории оказалось принципиально возможным благодаря тому, что он сделал рассмотрение проблемы «пространственного движения» центральным, всеобъемлющим понятием, обеспечивающим целостное описание взаимосвязи, взаимодействия элементов формы. Выражение работы механизмов через движение позволяет в любой момент определить состояние системы, получить ее характеристики. Эта особенность приема, положенного в основу кинематики механизмов, как нельзя лучше подходила и для описания архитектурной формы, трактуемой как системное понятие.

Для Шухова понятие «движение» также было основополагающим для формирования им своей системы «организации пространства». Именно объемно-пространственное восприятие технологического движения во времени и позволило ему сформировать полноценно емкий авторский метод творческого мышления на основе суммы технологий, способной создать и удержать системно организованную целостность произведений, реализующих самые разные функциональные потребности (рис. 1).

Рис. 1. Современное прочтение архетипов, восходящих к идеям В.Г. Шухова

Сколь она (система) оказалась универсальной и «открытой» во времени, можно осознать в полной мере, анализируя современный опыт формообразования, опирающийся на патенты Шухова 1896 года. Методологически может быть весьма перспективно именно от этой даты считать начало топологии пути к порогу четвертой технологической революции в наши дни 2018 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции: [перевод с английского]. М.: Эксмо, 2018. 320 с.

2. Шухов В.Г. Избранные труды в трех томах. Энергетика. Том 1. 192 с.; Гидротехника. Том 2. 240 с.; Строительное дело. Том 3. 208 с. М.-СПб, Международный Шуховский Фонд, 2018.

3. Васькин А.А. Шухов: Покоритель пространства. М.: Молодая гвардия, 2018. 415 с.

4. Петропавловская И.А. Летопись инженерной и научной деятельности почетного академика В.Г. Шухова. М.: Феспартнер, 2014. 416 с.

5. Гений В.Г. Шухова и современная эпоха. Материалы международного конгресса / Под ред. Н.Г. Багдасарьян и Е.А. Гавриловой. М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 319 с.

6. Архитектоника инженера В.Г. Шухова. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения В.Г. Шухова, 13-14 ноября 2013 года. М.: МАРХИ, 2013. 302 с.

7. Новожилов О.П. Архитектура ЭВМ и систем. В 2-х частях. Часть 2. М.: Издательство Юрайт, 2018. 246 с.

8. Таненбаум Э., Остин Д. Архитектура компьютера : [перевод с английского] 6-е издание. СПб.: Издательский дом «Питер», 2017. 846 с.

9. Паттерсон Д., Хеннесси Д. Архитектура и проектирование компьютерных систем : [перевод с английского] 4-е издание. Издательский дом «Питер», 2012. 784 с.

10. Флоренский П.А. Мнимости в геометрии. Расширение области двухмерных образов геометрии. М.: Изд-во «Поморье», 1922. 96 с.

11. Россия Владимира Шухова. Личный фотоархив. Начало XX столетия. Альбом. М. : Фонд Шуховская башня, ABCdesign, 2012, 191 с.

12. Гельфанд И.М. Леонид Канторович и синтез двух культуры // Леонид Витальевич Канторович: человек и ученый : составители В.Л. Канторович, С.С. Кутателадзе. В 2-х т. Т. 1. Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал "Гео", 2002. С. 158–159.

13. Репина Л.П. Диалог со временем. Альманах интеллектуальной истории. Вып.14. – М.: Издательство URSS, 2005. 400 с.

14.Виндельбанд В. Прелюдии. Философские статьи и речи. СПб., 1904.

15.Энциклопедия афоризмов. URL: http://dic.academic.ru/dic (Блок Евгения Берковича о математике и фантазии 12 августа 2014).

16. Кант И. Собрание сочинений в восьми томах. Том 2. «Докритические произведения. М.: Издательство «ЧОРО», 1994. С. 126.

17.Брюсов В. Я. Медный всадник. Собрание сочинений в 7 т. Т.7. М.: Художественная литература, 1975. С. 134–141.

18. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. В двух книгах. М.: Экономика, 1989.

19. Гинзбург М.Я. Ритм в архитектуре. М.: Изд-во «Среди коллекционеров», 1923, 119 с.

20. Эйзенштейн С.М. Избранные произведения в 6-ти томах. Т.4. М.: Искусство, 1964, 427 с.

21. Гинзбург М.Я. Стиль и эпоха. Проблемы современной архитектуры. М.: Государственное издательство, 1924. С. 28.

Информация об авторах

Волчок Юрий Павлович, профессор кафедры советской и современной зарубежной архитектуры. E-mail: yvolchok@gmail.com. Московский архитектурный институт (Государственная академия). Россия, 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4. НИИ теории и истории архитектуры и градостроительства (Филиал ФГБУ «НИИ Минстроя России»). Россия, 111024, г. Москва, ул. Душинская, д. 9.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Волчок Ю.П., 2018

[1,2,*]Volchok Y.P.

[1]Scientific Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning (NIITIAG)
Russia, 111024, Moscow, st. Dushinskaya, 9
[2]Moscow Architectural Institute
Russia, 107031 Moscow, st. Rozhdestvenka, 11/4
**E-mail: yvolchok@gmail.com*

THE SUM OF TECHNOLOGIES OF V.G. SHUKHOV. AT THE ORIGINS OF THE FOURTH TECHNOLOGICAL REVOLUTION

Abstract. *The article deals with the addition of a three-dimensional structure = composition of architectonic thinking and work of Shukhov V.G. It took shape at the turn of the XIX and XX centuries in the context of attention on the creation of universal methodological systems. They were manifested in the Shukhov's work as a technological synthesis and implemented as a dialogue of artistic image and intellectual ideas. Today, it*

is considered as the "mixed reality" which leads the world to the "fourth technological revolution". In the past it was perceived as a combination of humanities and natural-scientific knowledge. Now it is the basis for the authorship systems in any possible form of creative activity. Shukhov's words are on the wall of the BSTU scientific library: "The most important thing for an engineer is to learn how to work with a book." This idea sounds more voluminous with another quote, designated to become the second component in the "coordinate system" formation for a full understanding of the engineering creativity. The words of Descartes R., displayed above the entrance to the faculties on the central square of the university campus are: "In order to improve the mind, we ought less to learn, than to contemplate". Together these two "theses" introduce the scientific-creative and engineering-technological heritage of Shukhov in a fully-fledged space of intellectual history. It can be considered as the beginning of the secular path to a modern understanding of the "mixed technological reality." The return to the heritage of Shukhov V.G. becomes relevant during the growth of modern methodology of thinking in the fourth technological revolution.

Keywords: *architectonics, volume, space, construction, composition, technology, mixed reality, computer architecture, scientific revolutions.*

REFERENCES

1. Schwab K., Davies N. Technologies of the fourth industrial revolution: [translation from English]. M.: Eksmo, 2018, 320 p.

2. Shukhov V.G. The chosen works in three volumes. Power. Volume 1. 192 p.; Hydraulic engineering. Vol. 2., 240 p.; Construction business. Vol. 3., 208 p. M. SPb, the International Shukhovsky Fund, 2018.

3. Vaskin A.A. Shukhov: Subjugator of space. M.: Young Guard, 2018, 415 p.

4. Peter and Paul I.A. Chronicle of engineering and scientific activity of the honorary academician V.G. Shukhov. M.: Fespartner, 2014, 416 p.

5. V.G. Shukhov's genius and modern era. Materials of the international congress. Under the editorship of N.G. Bagdasaryan and E.A. Gavrilova. M.: MVTU of N.E. Bauman, 2015, 319 p.

6. Very tectonics of the engineer V.G. Shukhov. Materials of the international scientific and practical conference devoted to the 160 anniversary since the birth of V.G. Shukhov, on November 13-14, 2013. M.: MARKHA, 2013, 302 p.

7. Novozhilov O.P. Architecture of the COMPUTER and systems. In 2 parts. Part 2. M.: Yurayt publishing house, 2018. 246 p.

8. Tanenbaum E., Austin D. Architecture of the computer: [translation from English] the 6th edition. SPb.: St. Petersburg publishing house, 2017, 846 p.

9. Patterson D., Hennessy D. Architecture and design of computer systems: [translation from English] the 4th edition. St. Petersburg publishing house, 2012, 784 p.

10. Florensky P.A. Ostensibilities in geometry. Expansion of area of two-dimensional images of geometry. M.: Pomorze publishing house, 1922. 96 p.

11. Russia Vladimir Shukhov. Personal photoarchive. Beginning of the XX century. Album. M.: Fund Shukhovsky tower, ABCdesign, 2012, 191 p.

12. Gelfand I.M. Leonid Kantorovich and synthesis two culture. Leonid Vitalyevich Kantorovich: person and scientist: originators V.L. Kantorovich, S.S. Kutateladze. In 2 vol. vol. 1. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Science publishing house. Geo branch, 2002, pp. 158–159.

13. Repina L.P. Dialogue with time. Almanac of intellectual history. Issue 14. M.: URSS, 2005 publishing house, 400 p.

14. Vindelband V. Preludes. Philosophical articles and speeches. SPb., 1904.

15. Encyclopedia of aphorisms. URL: http://dic.academic.ru/dic (Blok of Evgeny Berkovich about mathematics and imagination on August 12, 2014).

16. Kant I. Collected works in eight volumes. Volume 2. "Subcritical works. M.: ChORO publishing house, 1994, 126 p.

17. Bryusov V.Ya. Bronze Horseman. Collected works in 7 vol., vol.7. M.: Fiction, 1975, pp. 134–141.

18. Bogdanov of A.A. Tektologiya. General organizational science. In two books. M.: Economy, 1989.

19. Ginzburg M.Ya. A rhythm in architecture. M.: Among Collectors publishing house, 1923, 119 p.

20. Eisenstein S.M. The chosen works in 6 vol. vol. 4. M.: Art, 1964, 427 p.

21. Ginzburg M.Ya. Style and era. Problems of modern architecture. M.: State publishing house, 1924, p. 28.

Information about the author

Volchok, Yury P. PhD. E-mail: yvolchok@gmail.com. Scientific Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Planning (NIITIAG). Russia, 111024, Moscow, st. Dushinskaya, 9. Moscow Architectural Institute. Russia, 107031 Moscow, st. Rozhdestvenka, 11/4.

Received in Sebtember 2018

Для цитирования:
Волчок Ю.П. Сумма технологий В.Г. Шухова. У истоков четвертой технологической революции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 53–60. DOI: 10.12737/article_5bf7e355737437.92726649

For citation:
Volchok Y.P. The sum of technologies of V.G. Shukhov. At the origins of the fourth technological revolution. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 53–60. DOI: 10.12737/article_5bf7e355737437.92726649

DOI: 10.12737/article_5bf7e355cd3de1.12294639

[1,*]Семенцов С.В., [1]Акулова Н.А.
[1]Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4
*E-mail: s.sementsov@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ В XVIII ВЕКЕ

Аннотация. *Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью разработки современной программы развития крупнейшей на северо-западе России Санкт-Петербургской агломерации на следующие 15–20 лет (вплоть до 2030-х гг.), с учетом выявления историко-генетических особенностей ее возникновения и формирования. Целью статьи стало изучение второго, стабильного этапа формирования столичной Санкт-Петербургской агломерации в 1725–1800 гг. (с учетом особенностей формирования агломерации на предыдущем этапе). Комплексное исследование данной темы включает градостроительно-ландшафтный и функциональный анализ, базирующиеся на изучение комплексов архивных документов и исторической картографии. Основными результатами стали выводы о том, что на протяжении всего XVIII в. осуществлялась целенаправленная кристаллизация грандиозной агломерации, включавшей три пояса: "внешний", "средний" "ближний" (как зоны интенсивной агломерации), суммарно пространственно простиравшиеся от Выборга до Ярославля. Ближний пояс агломерации объединил поясное, радиальное и узловое построения, распространяясь в широтном направлении от Устья р. Сяси до Нарвы и Ивангорода, а в меридианном направлении – от Сестрорецка до Орлино. В этот период ускоренное развитие главного агломерационного центра – самого столичного Санкт-Петербурга было поддержано дальнейшим формированием уже трех субагломераций. Этот вариант пространственного формирования и уникального структурирования столичной Санкт-Петербургской агломерации, с параллельным развитием субагломераций является нестандартным для мировой истории градостроительства. Материалы статьи могут быть полезными как для историков градостроительства, так и для современных урбанистов.*

Ключевые слова: *Санкт-Петербургская губерния, «идеальный» Санкт-Петербург и "идеальная" Санкт-Петербургская агломерация, субагломерации, пространственная среда, формируемая на принципах регулярной планировки и застройки.*

Введение. Исследование особенностей возникновения и развития агломераций в разных регионах России и, шире – всего мира, имеет большое значение для современного градостроительства. Эта тематика и применяемые при этом различные методики (вплоть до использования современных методов космического зондирования и съемок) проявляется в исследованиях очень широкого круга специалистов – от градостроителей и урбанистов, до эконом-географов, градорегионалистов, специалистов по социальному поведению, ландшафтных архитекторов и дизайнеров архитектурной среды и т.д. Естественно, увязывая вопросы исторического градоформирования с проблемами режиссуры создаваемых рукотворных ландшафтов городов, поселений и окружавших природных и сельских ландшафтов и предполагая (хотя пока достаточно робко) варианты развития на этих осваиваемых территориях разных,особых по типам среды зон обитания. В этом смысле рукотворная «идеальная» Санкт-Петербургская агломерация может стать значимым образцом для исследований и выявления ее уникальных особенностей. [1–6].

Особый интерес всегда вызывают агломерации, не укладывающиеся в традиционные параметры. Таковой стала столичная Санкт-Петербургская агломерация, специально формировавшаяся по особым правилам на протяжении десятилетий. Что предопределило проявление здесь к концу XVIIIв. особых качеств создания целостной, искусственной «идеальной» агломерации в целом и ее составляющих: в «регулярности» градостроительного каркаса и ткани, градостроительно-композиционных качеств и образности не только города-метрополии, но и ее периферийных городов, узлов, поселений и т.д.Одновременно, уже в те времена став образцом для подражания всего градостроительства всей России.

Методология. Изучение исторического и современного развития крупных и крупнейших городских агломераций, и входящих в них городов и поселений требует привлечения широкого круга источников. Материалов для данной статьи основываются на изучении корпусов исторических картографических материалов из разных собраний Санкт-Петербурга, на коллекциях архивных материалов из архивов Санкт-Петербурга, Москвы, Стокгольма, Парижа и т.д. на опубликованных работах специалистов разных областей знаний. Это комплексное параллельное изучение историко-картографических и архивных матери-

алов позволило выявить и обосновать особенности развития не только самого Санкт-Петербурга, но и параллельно формировавшихся на протяжении всего XVIII в. вокруг него зон столичного пространственно-функционального влияния – в ближнем поясе Санкт-Петербургской агломерации, в территориальных границах Санкт-Петербургской губернии, вне административно-территориальных границ столичной губернии.

Этапы формирования градостроительной-ландшафтной системы Санкт-Петербурга в XVIII веке. *Развитие территорий Приневья до основания Санкт-Петербурга. Создание нерегулярной сельской системы расселения.* Фундаментальные исследования архивных материалов об истории этих территорий начались с XIXв. [7–15]. Независимо от изучения исторических данных сформировалось общественное мнение о том, что столетиями до основания Санкт-Петербурга эти территории были очень слабо освоенными, и, естественно, преобладала традиция, ярко выраженная в стихах А.С. Пушкина о «пустынности берегов Невы».

Исследования последних двух десятилетий ясно показали, что Санкт-Петербург, его агломерация и вся Санкт-Петербургская губерния создавались не на «пустом месте», а на практически непрерывно и достаточно плотно обживавшихся, и вполне обжитых на протяжении более 1500 лет территориях. На территориях, по оси которых проходила единая трасса двух крупнейших в Евразии исторических транспортных коридоров: «Пути из Варяг в Греки» (из Северной Европы через Днепр и Черное море в страны Средиземноморья) и «Великого Волжского пути» (из Северной Европы через Волгу в Каспийское море и затем – в страны Азии). Эта трасса сначала шла единой транспортной линией и соединяла восточную оконечность Балтийского моря – Финский залив – Неву – Ладожское озеро – Волхов – озеро Ильмень, а далее разделялась на западную ветвь: верховья Днепра – в сторону Черного моря и Средиземного моря, на восточную ветвь: верховья Волги – в сторону Каспийского моря. Восточная часть Балтийского моря (Финский залив), Нева и зона Ладожского озера в этой транспортной системе была одним из важнейших звеньев. Это всеевропейское понимание значимости Приневья и Приладожья исторически привело не только к многочисленным военным нападениям на эти территории (здесь можно вспомнить о многих крестовых походах, организованных Папами Римскими), но и к постепенному сплошному освоению земель с созданием здесь плотной системы сельского расселения.

Еще древнейшие исторические источники (древнерусские летописи, скандинавские саги и хроники и т.д.) включали информацию об этих территориях, но лишь фрагментарную, которая не позволяет точно и с подробностями определить древнюю систему поселений и дорожно-транспортный каркас этих территорий. Но Новгородские и Московские Писцовые книги (1490-х – 1580-х гг.), а также Писцовые книги шведского периода (1580-х – 1690-х гг.) и корпус поздней шведской картографии (середины XVII – самого начала XVIII вв.) дают возможность в нюансах выявить систему стабильно существовавшей на протяжении XV– XVII вв. системы расселения. Если рассмотреть данные по территориям существовавших к 1917 г. 4-х пригородных уездов вокруг самого Санкт-Петербурга, то на конец XV – конец XVII вв. выявляется практически однородная информация, показывающая, что в эти десятилетия эти пространства стабильно относились к 8 погостам (административным районам), в границах которых находились столетиями 900–1000 поселений. В том числе: в 1470–1490-е гг. (во времена Новгородской республики) – один город-крепость и не менее 998 поселений, в 1498–1501 гг. (во времена Московского Великого Княжества) – 1 город-крепость и не менее 994 поселения, в 1690-е гг. (во времена Шведской Ингерманландии) – 2 города-крепости, а также не менее 902 населенных пунктов разного размера, разной функциональности и разного типа. А если учесть всю Шведскую Ингерманландию (от р. Лабы до г. Нарвы), то число поселений возрастет до более 3000, а также буде включать 4 города с цитаделями-крепостями и 2 отдельных крепости. Сотни из этих поселений прослеживаются в исторических источниках на протяжении веков, последовательно проявляя многовековую плотность и стабильность системы расселения Приневья, независимо от государственной принадлежности этих территорий, сначала входивших в состав Новгородской республики, затем – Московского Великого Княжества, после этого – Королевства Швеции, а с 1702–1703 гг. – снова Российского государства.

Подавляющая число поселений были малодворными, так как природно-климатические условия Приневья не позволяли формировать многодворные, традиционные для Центральной России селения. Природный ландшафт этих территорий с бескрайними пространствами тайги и бесконечными зонами болот оставлял для расселения и обустройства поселений, лишь выступавшие из болот небольшие по размерам, но многочисленные всхолмления. На протяжении веков практически все эти выступающие из болот и более сухие места были освоены под селения, размерами чаще всего в один-три двора (хутора, деревни) и значительно реже – в несколько десятков дворов

(села). Существовала здесь и обычная для русского и финского севера гнездовая (кустовая, групповая) система расселения. Все эти поселения и/или гнезда (кусты, группы) поселений были объединены многотысячекилометровой сетью дорог разной значимости в единую плотную дорожную систему. Два крупных (по меркам тех времен и в понимании периферийного шведского Лена Ингерманландии) узла – шведский Нотебург (с древней русской крепостью Орешек) и основанный в 1611 г. Ниен (с цитаделью-крепостью Ниеншанц) были центрами жизни этого края. К началу XVIII в. Нотебург и Ниен составили двухцентровую "композицию" вдоль р. Невы. Через эту зону с древнейших времен были проложены крупнейшие межгосударственные тракты: Москва - Вологда - Тихвин - устье р. Волхов - Нотебург– Выборг (с ответвлением на Кексгольм); а также Москва – Новгород – Иван-Город – Нарва. После основания в 1611 г. в устье р. Невы шведского города Ниена возник новый тракт: Нарва – Кипень –Ниен и далее он соединялся с трактом на Выборг (с ответвлением на Кексгольм).

Это была сельская система расселения с четырьмя городами, 6 крепостями, с тысячами поселений разных размеров и многотысячекилометровой плотной сетью дорог разного класса (от государственных трактов до сельских) [16]. Но все это море сельских поселений и дорог еще не могли претендовать на какое-либо пространственное структурирование (рис. 1.). Естественно, в допетербургский период и никакой протоагломерации не было.

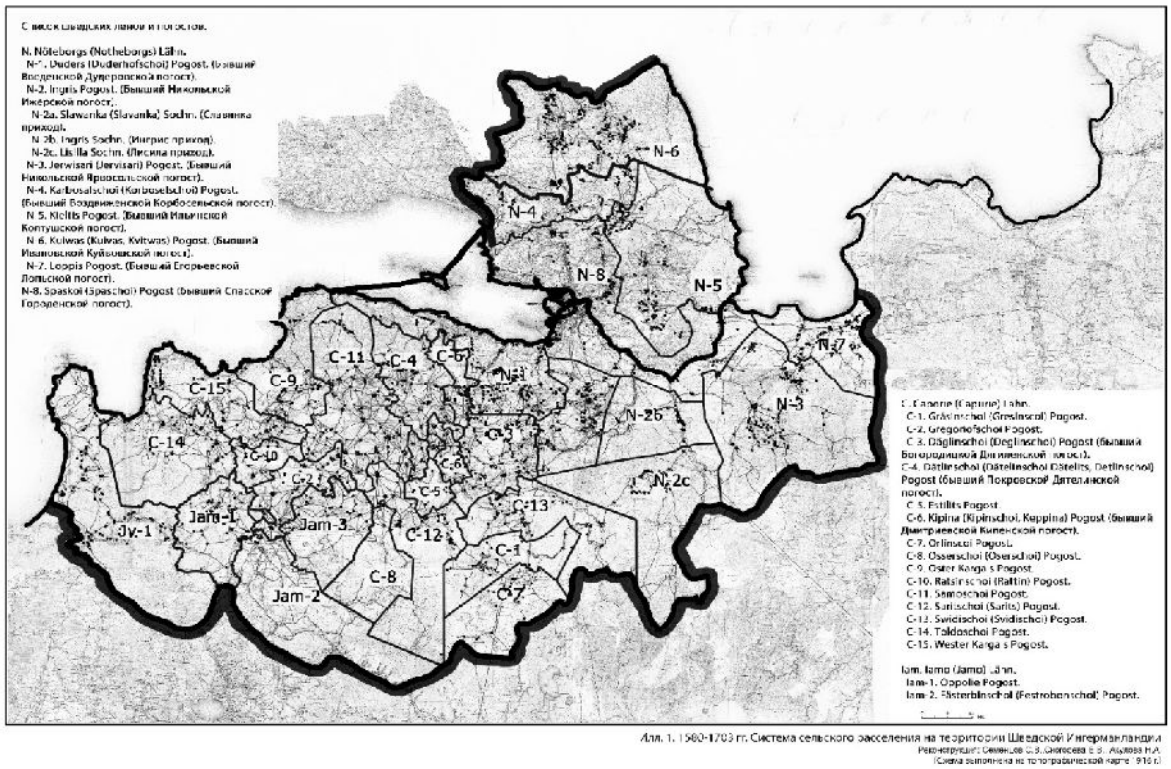


Рис. 1. 1580–1703 гг. Система сельского расселения на территории Шведской Ингерманландии

Эта сельская система расселения со времен Петра Первого была значительно преобразована. В зоне будущего Санкт-Петербурга и его пригородов – сельские поселения стали основой будущих дворцов, городских кварталов и комплексов. На сельских территориях будущей Санкт-Петербургской губернии – оставаясь сотнями (тысячами) селений уже петровского и послепетровского времени. Многие из древних поселений стали «почками роста» при формировании городских ансамблей и комплексов, а также городов Санкт-Петербургской агломерации, другие сохранили свой сельский деревенский и хуторской «статус». Точно так же, сотни километров древних дорог стали городскими улицами, или сохранили значение пригородных дорог. На карте современного Санкт-Петербурга в трассировке фрагментов десятков улиц, проспектов и магистралей можно увидеть память о дорогах допетербургского времени.

За двадцать лет преобразований при Петре Первом произошло удивительное – практически все допетербургские элементы сельской системы были включены в создававшуюся столичную городскую агломерацию. Каким образом? – Методами управляемой пространственной реконструкции и преобразования ландшафтной неурегулированной системы в регулярную и ансамблевую агломерацию.

Таким образом, формирование города на Неве не было случайным созданием города "на пустом месте". Определение места будущей российской столицы, сверхбыстрое формирование огромного сверхгорода (вернее, сразу Санкт-Петербургской агломерации) на территориях в сотни квадратных километров было во многом предопределено многовековой историей (по крайней мере с XII–XVвв.) заселения этих территорий и устойчивостью в пространстве и времени системы расселения Приневья [17, 18].

*1703-1725 гг. Основание Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургской агломерации при Петре Первом. Ц*еленаправленное сознательное создание по воле российского царя Петра Первого столичного Санкт-Петербурга с Санкт-Петербургской агломерацией и Санкт-Петербургской губернией велось на основе существовавшей до этого сельской системы расселения Приневья (объединяя исконно русские территории и частично – завоеванные в 1703–1710 гг. земли) и прошло в 1703–1720-е гг. три этапа первичного формирования. Удивительно, что территориальное развитие губернии и основных элементов агломерации шло с опережением по сравнению с возникновением и кристаллизацией их единого центра. Этом будущий единый центр агломерации (сначала крепость со слободами вокруг нее, затем - центр губернии, наконец - столичный российский город Санкт-Петербург) формировался с некоторым хронологическим отставанием от развития самих территорий [19]. С 1702 г. русские войска начали отвоевывать у Швеции древние русские территории. В 1703–1710 гг. одновременно с военными действиями велось формирование территории Санкт-Петербургской губернии. Параллельно возникала система разных территориально-функциональных объектов, постепенно объединявших русские и завоеванные объекты. Эта система очень быстро включила расселенческие, фортификационные, производственные объекты, коммуникационные объекты. По Губернской реформе 1708 г. была образована Ингерманландская (с 1710 г. Санкт-Петербургская) губерния, включившая огромнейшие территории от Нарвы и Иван-Города (на западе) до Ярославля и Костромы (на востоке), с 29 городами и площадью в 490 000 кв. км, что суммарно значительно больше, чем площади современных Бельгии (30 528 кв. км), Германии (357 021 кв. км), Дании (43 094 кв. км), Нидерландов (41 526 кв. км) вместе взятых. Но на этой территории с несколькими поясами пространственно-функциональных узлов в эти годы еще не было центра этой губернии (!). Вплоть до 1709–1710 гг. возникший Санкт-Петербург с его крепостью и столь же возникавшим городом не мог претендовать на центральные роли. Лишь в 1711–1725 гг. в составе губернии началась кристаллизация ее центра, – таким центром по разным причинам стал именно Санкт-Петербург, геополитическая энергия которого позволила ему стянуть на себя территориальный, функциональный, символический и т.д. потенциал этой безграничной территории. И вокруг этого возникавшего центра начали формироваться три возможных пояса – будущих (?) узлов агломерации: ближний (от Нарвы и Ямбурга до Олонца), средний (включая зоны Гдова, Пскова, Старой Руссы, Торжка-Твери, Ярославля-Углича-Романова, Каргополя, Заволочья, Повенца-Петрозаводска), дальний (Архангельск, Вологда, Владимир, Москва).

При развитии Санкт-Петербургской агломерации создавали осознанно и сразу (с 1710–1712 гг.):

Город-метрополию Санкт-Петербург с его ближними предместьями и ближними зонами усадеб почти сразу на многих островах и территориях дельты Невы (от берегов Черной речки и Каменного, Елагина и Крестовского островов на севере до берегов реки Фонтанной на юге), – идеального по общей композиции и в единстве "регулярности" и "ансамблевости", сформированного из регулярных прямоугольных и радиальных пространственно-композиционных сегментов (слобод), которые уже в первые годы жизни города стали занимать территории в 15–20 км в окружности.

Обширнейшие полосы и зоны пригородов (по отношению к городу-метрополии и его ближним предместьям), также на основе "регулярности" и "ансамблевости" (от Сестрорецка на севере до Гатчины на юге, от Ораниенбаума на западе до Шлиссельбурга на востоке), композиционно «идеальные» сами по себе и последовательно формировавшие "регулярные" прямоугольные, звездчатые и радиальные композиции. В эти «полосы» входили поселения разной значимости, парадности и функциональности – ремесленно-фабричные (Сестрорецк, Красное Село и другие), царские дворцово-парковые (Петергоф, Стрельна, Екатерингоф, Царское Село мыза и т. д.), загородные усадебные «мызы», «забавные домы» высшей знати (Гостилицы, Ораниенбаум, Монкураж и иные), ленты средних по величине и амбициям загородных дворянских и сановных усадеб (полосы усадеб вдоль Петергофской дороги, Черной речки на Выборгской стороне, Черного ручья на Большой Охте, вдоль рек Мойки и Фонтанной, вдоль обоих берегов Невы...). Систему таких осваиваемых загородных пространств объединяли огромные создаваемые с 1717 г. «этуали» в лесопарковых композициях в

южной части санкт-петербургских предместий: например, знаменитая «этуаль» южнее Стрельны (1717–1719 гг., арх. Ж.-Б.-А. Леблон), объединившая 12 просек (простиравшихся, по воспоминаниям очевидцев на многие десятки км), часть из которых сохранилась до нашего времени, в т.ч.: дорога Стрельна – Гатчина (сохранилась частично, была длиною более 40 км), «Волхонское шоссе» от Стрельны до Царского Села (сохранилась полностью, длиною более 30 км), Вся эта система пригородных полос охватила пространства, диаметром в 100–150 км.

Фортификационную систему, очень развитую, включая несколько «идеальных» по военно-техническим характеристикам и формам крепостей, редутов, фортов, оборонительных линий. Состояла из сухопутных фортеций центра и периферии самого города (Петропавловскую и Адмиралтейскую крепости, Кронверк, крепостные сооружения на Санкт-Петербургском, Васильевском островах, на Выборгской стороне), систему фортеций в истоках и вдоль русла Невы (Шлиссельбург и его окрестности), многочисленные батареи и форты вдоль южного и северного побережий Финского залива, систему морских крепостей, шанцев, морских фортов на острове Котлин (Кронштадт, Александр-Шанец, батареи) и вокруг него (форты Кроншлот, Цитадель и т. д.). Эта система пространственно распространилась почти на 100 км в диаметре.

Систему коммуникаций (сухопутных и водных). Часть из сухопутных коммуникаций проходила по дорогам допетербургского времени (древние Нарвский и Выборгский тракты, старая Петергофская дорога, дорога от Большой Охты на Шлиссельбург, дороги и бечевник вдоль берегов реки Невы), постепенно реконструируемых, но сохранявших живописные ландшафтные очертания и трассировки. Но значительная часть магистралей создавалась «с нуля», уже на принципах "регулярных" (прямолинейных, в единых габаритах и конструктивных решениях) дорог и трактов. Таковы, например, дороги («прешпективы») от Санкт-Петербурга до Москвы (1706–1718 гг., длиною почти 700 км, с 1718 г. она уже действовала и включала 24 ямских селения), Санкт-Петербург – Пулково – Царское Село (длиною почти в 30 км), Царское Село – Гатчина (длиною почти в 40 км) и т. д. Одновременно сформировалась система судоходных водных коммуникаций-фарватеров (осуществленных частично или полностью), в которую были объединены фарватеры на акватории Финского залива между Санкт-Петербургом и Кронштадтом, судоходные трассы по Неве и крупнейшим рекам всего региона. Одновременно сооружались крупнейшие рукотворные судоходные трассы: каналы вдоль южного берега Финского залива (1721–1723 гг., выполнен частично), Ладожский канал (1718–1730 гг., длиною в 110 км, с 10 крупнейшими шлюзами и водонакопительными бассейнами). Были построены также водоводные каналы для подводки воды к царским резиденциям и районам города и пригородной зоне: Ропшинский (1720–1721 гг., длиною более 40 км), Лиговский (1718–1720 гг., длиною более 30 км).

Систему визуальных, символических, знаковых, общекультурных доминант на всем осваиваемом пространстве. Пространственно объединяющую сотни элементов. В том числе многочисленные объекты и ансамбли, а также дороги и фарватеры как фрагменты пространственной системы визуальных и символических связей.

Если учесть, что скоординированно формировались и громадные пригородные зоны от Сестрорецка до Ораниенбаума и от Кронштадта до Шлиссельбурга, то этот ареал единого регулярного пространственного развития станет вообще грандиозным. Речь пойдет о территориях единовременного регулярного освоения сразу в сотни квадратных километров, с параллельным созданием на этой единой территории многих композиционных узлов крупнейшего ансамблевого развития. Практически по единой «идеальной» стратегической программе освоения этих пространств. Такого размаха единых градостроительных действий не было в других странах Европы.

Таким образом, для 1703–1724 гг. в процессах эволюции самого Санкт-Петербурга, всей Санкт-Петербургской губернии и Санкт-Петербургской агломерации можно выделить следующие качественные этапы:

1703–1711 годы. Формирование единой административно-хозяйственной территории Санкт-Петербургской губернии в наиболее масштабных ее границах и постепенная кристаллизация самого Санкт-Петербурга от конгломерата слободских и сельских поселений до уровня губернской столицы.

1712–1721 годы. Сохранение уникальных пространственных границ Санкт-Петербургской губернии. Кристаллизация и общественно-политическое и функциональное осознание возникавшего в структуре губернии Санкт-Петербурга как столицы Российского государства. Начало процессов превращения главнейших узлов губернии в первичные узловые элементы столичной Санкт-Петербургской агломерации. Проведение нескольких волн масштабных реконструкций Санкт-Петербурга и многих окружавших его городов и поселений на принципах «регулярности» и «ансамблевости», с преобразованием Санкт-Петербурга в «идеальный город».

1722–1724 годы. Рождение полноценной столичной Санкт-Петербургской агломерации (пространственным размахом более 300×150 км), структурно и территориально объединяющей город-ядро Санкт-Петербург, систему внешних («вылетных») магистралей и проявившихся уже узлов и зон на этих магистралях. Начало преобразования формирующейся агломерации в «идеальную агломерацию» на принципах "регулярности" (с прямыми и геометрически четкими магистралями и прямоугольной планировкой городов и селений) [20–24] (рис. 2).

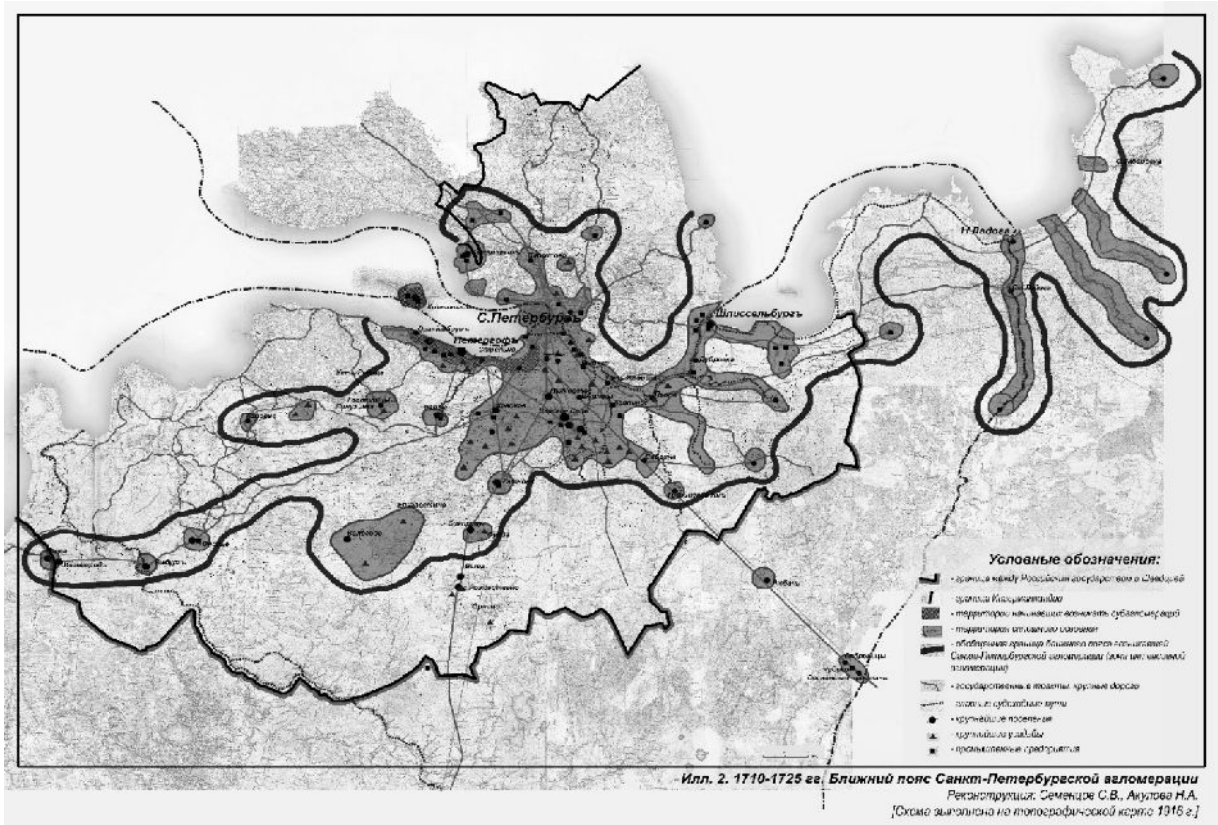


Рис. 2. 1710–1725 гг. Ближний пояс Санкт-Петербургской агломерации

1725–1800 гг. Формирование столичного Санкт-Петербурга и столичной Санкт-Петербургской агломерации. Санкт-Петербург как российская столица формировался не сразу, постепенно, усиливая свою общероссийскую и европейскую политическую, функциональную, культурную, фортификационную и т.д. значимость. Столь же постепенно проявлялось и административное оформление его территории и окружавших его зон влияния. Хотя губернским городом Санкт-Петербург стал с 1708 г., а российской столицей (де-факто) с 1711–1712 гг., административное упорядочение застройки и освоения пространств Санкт-Петербурга началось только с 1718 г., когда по высочайшему указу Петра Первого от 25 мая (5 июня) 1718 г. впервые была обозначена единая территория столичного города, включившая 5 полицейских частей (сейчас эти части назвали бы районами): «*...1. Адмиралтейскій островъ. 2. Васильевскій островъ. 3. Выборгская сторона съ Охтой. 4. Московская сторона. 5. Петербургскій островъ...*» [25].

Впервые в истории возникавшего столичного города в городскую территорию были соединены зоны строительства всех ближних (к крепости Санкт-Питерс-Бурх) ведомственных слобод, сооружавшихся с 1703 г. Этим указом город впервые получил официальное разделение на части, но еще не получил свою городскую границу (которую исследователи XX в. приблизительно, ориентировочно и интуитивно показывали в разных местах, чаще всего – бездоказательно трассировали южную городскую границу по р. Мойке, а западную, северную и восточную границы вообще не указывали). Но и этот момент оказался в истории столицы важнейшим.

Следующие этапы уточнения (значительного!) административно-территориального деления Санкт-Петербурга отмечены на всем протяжении XVIII в. Они отражали процессы территориального развития города (в неразрывном единстве с его предместьями), усложнения его функциональной структуры и развития городского каркаса. Выдающимся этапным шагом в административном оформлении (и уточнении) территории Санкт-Петербурга стало крупное изменение

территорий полицейских частей в процессе постоянного расширения непрерывно реконструируемого города. В самом начале деятельности «Коммиссіи о Санктпетербургскомъ строеніи» (действовала в 1737–1746 гг.) императорским указом от 27 октября (7 ноября) 1737 г. территория столицы включила следующие полицейские части: «*...1. Адмиралтейская [часть]. 2. Васильевская [часть]. 3. Санктпетербургская часть съ Выборгской стороной. 4. Литейная часть съ Большой и Малой Охтами. 5. Московская [часть]...*» [26]. Но опять еще без четкой трассировки границ частей и всего города - их еще нужно было профессионально установить. С мая 1740 г., после разработки десятков проектов реконструкции уже застроенных территорий, а также проектов освоения новых периферийных и предместных гражданских и военных территорий, официально введено новое административное деление территорий, состоящее уже из 4 частей: «*...1. Адмиралтейская [часть]. 2. Литейная [часть] съ Большой и Малой Охтами. 3. Московская [часть]. 4. Санктпетербургская [часть] съ Выборгской стороной...*». Значительные территории Васильевского острова и Санкт-Петербургского острова были объявлены предместьями. Из территорий бывших Литейной и Московской частей также в качестве предместий выделены 4 зоны слобод лейб-гвардии полков: Конного, Преображенского, Семеновского, Измайловского. С 1742 г. на севере, на Санктпетербургском острове, также вне городских территорий возникли предместные слободы гарнизонных полков.

При Екатерине II в первые годы деятельности «Коммиссіи о каменномъ строеніи Санктпетербурга и Москвы» (или – «Коммиссіи для устроенія городовъ Санктпетербурга и Москвы», действовала в 1762-1796 гг.) было подтвержено административное деление Санкт-Петербурга на 4 полицейские части: «...1. Адмиралтейская часть. 2. Литейная часть съ Большой и Малой Охтами. 3. Московская часть. 4. Санктпетербургская часть с Выборгской стороной... ». А в качестве предместных территорий: «...Слобода Лейбъ-Гвардіи Измайловскаго полка. Слобода Лейбъ-Гвардіи Коннаго полка. Слобода Лейбъ-Гвардіи Преображенскаго полка. Слобода Лейбъ-Гвардіи Семеновскаго полка. Слобода Галерной Гавани. Васильевскій островъ (без Галерной гавани)...». Указом от 26 апреля 1767 г. это административное деление столицы существенно уточнено, определено разделить территории на 3 городские части и 7 предместий. В том числе, полицейские части самого города: I-я Адмиралтейская [часть]. II-я Адмиралтейская [часть]. Васильевская [часть]. А предместья: Александроневское [предместье]. Лифляндское [предместье]. Московское [предместье]. Каретная и Московская Ямская слободы. Рожественские слободы. Санктпетербургское [предместье]. Слободы Галерной Гавани [27]. В связи с этим, городская граница Санкт-Петербурга была проложена по р. Фонтанке (на юге города), по оси между 12-й и 13-й линиями Васильевского острова (на западе города). Вся Санкт-Петербургская сторона, западная часть Васильевского острова, зоны восточнее и южнее р. Фонтанки остались предместными (внегородскими), но, уже традиционно подлежащими наравне со всеми городскими территориями безусловному проектному решению и контролю за всеми строительными работами со стороны Императрицы, Высших органов государственного управления (Правительствующий Сенат, Коллегии), городского управления в лице Военного Губернатора.

Наконец, после утверждения императрицей Екатериной II Реформы городского управления и введения Городской Думы и Городской Управы указом от 8 апреля 1782 г. определено значительное расширение территорий города с четкой трассировкой на местности городской границы, разделение всей территории на 10 полицейский частей: «...I-я Адмиралтейская часть, II-я Адмиралтейская часть, III-я Адмиралтейская часть, Литейная часть, Рожественская часть, Московская часть, Каретная Ямская часть, Васильевская часть, Выборгская часть...». С четким обозначением 6 предместий: «...Слобода Лейбъ-Гвардіи Преображенскаго полка, Слобода Лейбъ-Гвардіи Коннаго полка, Слобода Лейбъ-Гвардіи Семеновскаго полка, Слобода Лейбъ-Гвардіи Измайловскаго полка, Большое и Малое Охтенскіе селенія, Слобода Галерной Гавани...». *А также* определением городских выгонных земель, не подлежащих застройке [28].

Все градостроительные и административно-управленческие действия осуществлялись на основе разрабатываемых (практически в ритме через 15-30 лет) проектных генеральных планов (как тогда говорили – «планов урегулирования») и высочайше утверждаемых («конфирмуемых») всеми императрицами. В первое время в качестве единых "планов урегулирования" выступали комплекты проектных планов на крупные территории. Здесь можно упомянуть о выполненных на протяжении всего XVIII в. таких планах: серия проектных планов Д. Трезини (1712–1724 гг.) и, одновременно – «Плана Ж.-Б.-А. Леблона» (1717 г.); серия планов «Коммиссіи о Санктпетербургскомъ строеніи» (1737–1746 гг.) и других ведомств, объединенных в «Плане И.Ф. Трускота» (1748–1749 гг.); серии «Новыхъ плановъ

Столичнаго города Санктпетербурга» (1776 г.; 1792 г. и его редакции 1794 г.). Это последовательное распространение в рамках единого градостроительного, транспортно-коммуникационного, функционального и образного переустройства городских и предместных территорий сопровождалось уточнением границ города и специальным осуществлявшимся процессом усиления особенностей градостроительно-композиционного разнообразия разных типов его среды.

Таким образом, на протяжении всего XVIII в. территория российской столицы и окружавших ее предместий неуклонно расширялась, проявляя процессы «взросления» столичного организма и кристаллизации в нем столичных функций. Одновременно, в рамках этого процесса осознанно велась линия на последовательную многоэтапную реконструкцию создаваемых планировочного каркаса и ткани, а также сопутствующих им правил застройки для создания особых, преднамеренно режиссируемых типов среды: ЦЕНТР ГОРОДА, ПЕРИФЕРИЯ ГОРОДА, ПРЕДМЕСТЬЯ, и все более проявляя главные типологические комплексные их качества, причем в единстве городского и предместного сосуществования. Для каждой из этих зон императорскими указами были определены не только «образцовые проекты» для строительства именно в каждой конкретной зоне, но и ПРАВИЛА прокладки улиц, устройства площадей, разбивки кварталов и участков в них, правила размещения зданий на участках и застройки самих участков [29–32].

А также проявляя «мозаичность» построения всех этих территорий. И, конечно, в рамках традиционных уже «регулярности» и «ансамблевости». Это уже тогда привело к градостроительной и визуальной дифференциации осваиваемых территорий. Столь важной при процессах регулируемого формирования среды обитания [33].

В эти же десятилетия, в 1720-е – 1790-е гг. территория Санкт-Петербургской губернии неуклонно сокращалась. Как известно, в 1711–1725 гг. была проведена 2-я Губерская реформа, в 1726–1744 г. – новая губернская реформа. С 1765–1768 гг. велось масштабное «Генеральное межевание» всей территории Санкт-Петербургской губернии, третье по счету межевание со времен Петра Первого: сначала – «Ингерманландское межеваніе» (с 1720 г., не закончено) [34], затем – «Елизаветинское межевание» (с 1744 г., не закончено) [35], наконец – в рамках всероссийского«Генерального межевания» (начато с 1765 г.) указом объявлено о проведении с 1768 г. землеустроительных (межевых, землемерных) работ в Санкт-Петербургской губернии (Ингерманландии) [36]. Все эти межевания и данные стали фундаментом для проведения на основе указа Екатерины II от 7 ноября 1775 г. новой Губернской реформы, которая значительно перекроила административную карту всей России, в том числе и самой Санкт-Петербургской губернии. В Российской Империи стало 40 губерний, причем размеры губерний были значительно уменьшены. Высочайшим указом от 1 января 1780 г. утверждены новые границы столичной Санкт-Петербургской губернии, в ее состав вошли 7 уездов, среди них 4 пригородные уезда: Санктпетербургский, Шлиссельбургский, Софийский, Ораниебаумский. А также 3 дальних (периферийных) уезда: Рожественский, Ямбургский, Нарвский [37]. По проведенным на основе указов Правительствующего Сената указов переписей, к 1780 г. в Санкт-Петербургской губернии насчитывалось 367 200 душ оброчного населения. Через год территории губернии и ее население были немного увеличены за счет присоединения по указу от 11 декабря 1781 г. Олонецкой области, а также Новоладожского, Гдовского, Лужского уездов [38].

Так вся Санкт-Петербургская губерния за эти десятилетия «сократилась», пройдя «путь» от грандиозной губернии 1708–1725 гг. до губернии достаточно локального размера конца XVIII в., объединившей пространства «только» между Ладожским и Чудским озерами, став соизмеримой по территории с современной Ленинградской областью [39] (рис. 3).

Уже в эти десятилетия в пригородных уездах шли удивительные процессы, направленные на создание идеальных территорий и идеальной застройки. Так, в 1780 г. южнее императорского дворцово-паркового ансамбля "Царского Село" определено создать образцовый для всей России уездный город Софию, с показательной планировочной системой и «образцовыми» проектами пригородной застройки. А для размещенного на острове Котлин военно-морского города также разрабатывали альбомы «образцовых проектов» застройки в традиционном для всей санкт-петербургской среды духе «регулярности» и «ансамблевости». Но с другими параметрами, чем для застройки города, его периферии и предместий. Эти различия проявлялись в модулях размещения улиц, в размерах кварталов и участков, в правилах размещения зданий на участках, в различной степени озелененности, в этажности построек и разрешенных материалах конструкций и т.д. Одновременно, в зонах сельского освоения вокруг пригородов также с первых десятилетий XVIII в. стали применять особые правила выделения участков (и их размеров), застройки, размещения зданий вдоль улиц и т.д. Здесь можно вспомнить о созданных в 1730-е гг. селениях

вдоль Ладожского канала, жители которых должны были обеспечивать проводку судов по новопостроенному каналу. Они получили участки размерами в 50×500 саженей, а также «образцовые» чертежи разрешенных к сооружению построек на этих участках - одноэтажных отдельно стоящих деревянных жилых домов, которые можно строить вдоль красной линии улицы, а также одноэтажных деревянных вспомогательных сараев и сооружений в глубине дворов (размещаемых по желаниям владельцев). Для сравнения: в зоне ЦЕНТРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА разрешены были участки, размерами в 20–25×30–40 саженей, но с плотной брандмауэрной кирпичной застройкой по красной линии и высотою до 2–3 этажей, а также 1–2 этажных кирпичных флигелей внутри дворов, размещаемых в соответствии си «образцовыми проектами». Так, на протяжении всего XVIII в. осознанно формировались вокруг столичного города, его периферии и предместий еще два пояса с разными типами среды: ПРИГОРОДЫ, ОКРУЖАВШИЙ ИХ СЕЛЬСКИЙ ПОЯС. В каждом из которых возникала особая рукотворная среда с особыми ее параметрами.

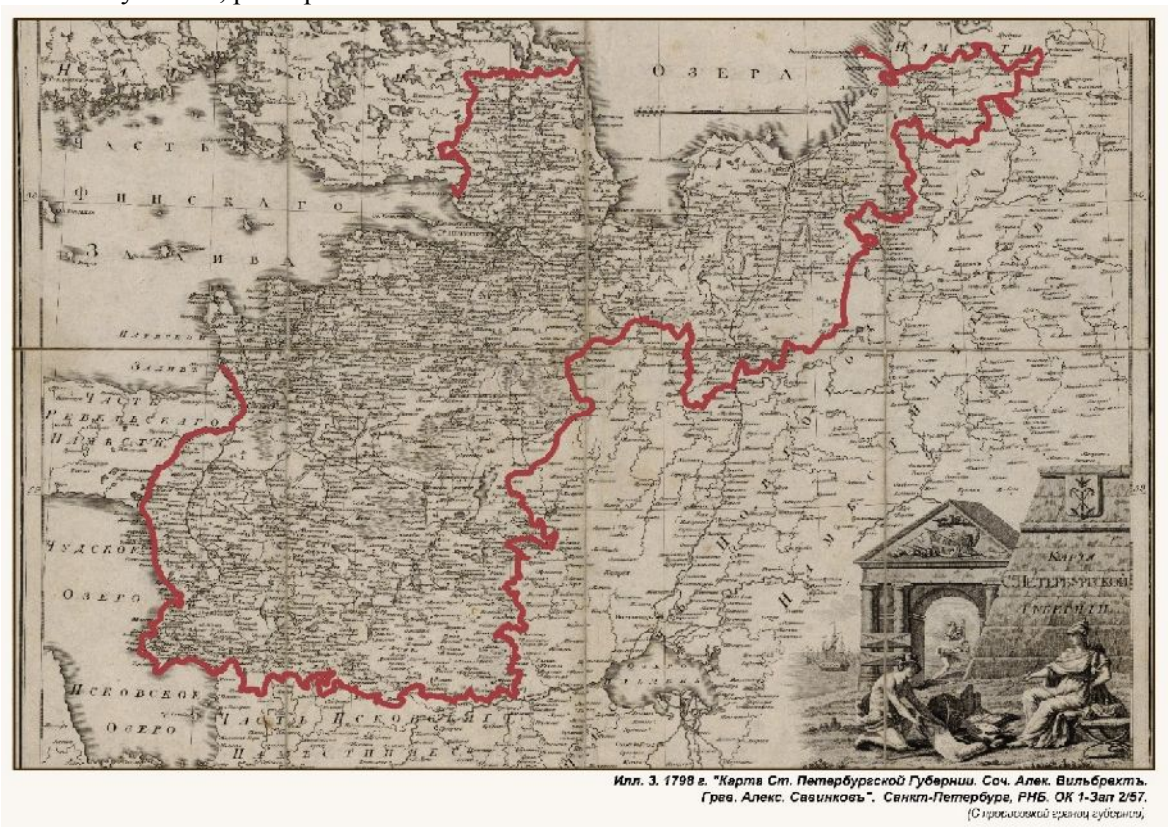


Рис. 3. 1798 г. "Карта Ст. Петербургской Губернии. Соч. Алек. Вильбрехтъ. Грав. Алекс. Савинковъ". Санкт-Петербург, РНБ. ОК 1-Зап 2/57. (С прорисовкой границ губернии)

Совместные специальные, осознанные, целенаправленные (!) усилия императриц, высшей российской исполнительной и законодательной власти, губернских и городских властей, представителей ведомств, архитекторов и строителей и т.д... привели к тому, что на протяжении даже первого столетия городской жизни параллельно сформировались и начали шлифоваться пять типов среды: ЦЕНТР ГОРОДА, ПЕРИФЕРИИ ГОРОДА, ПРЕДМЕСТЬЯ, ПРИГОРОДЫ, СЕЛЬСКОЕ ОКРУЖЕНИЕ (СЕЛЬСКИЙ ПОЯС). Зоны этих типов среды вполне хорошо коррелируются с границами ближнего пояса Санкт-Петербургской агломерации. Так, на протяжении всего XVIII в. были осознанно сформированы и закреплены в императорских и сенатских указах идеи формирования осваиваемых пространств агломерации на основе принципа создания пяти взаимо дополнительных типов среды (центр, периферия города, предместья, пригороды, сельское окружение), качественно различающихся своими градостроительно-композиционными параметрами и создающих иерархическую систему рукотворных, воспринимаемых всем сообществом территорий от наиболее урбанизированной, сконцентрированной и наиболее плотной (центр) до наиболее дисперсной и близкой к природным ландшафтам (сельское окружение).

В эти же десятилетия были проведены значительные работы по усовершенствованию всей губернской дорожно-транспортной системы, включая создание «вылетных магистралей» за Гатчину, вдоль западного берега р. Волхов и т.д.

Сам Санкт-Петербург приобрел явные черты «идеального» регулярного города. Столь же «регулярными» становились и окружавшие его территории. И эти идеи «идеальности» и «регулярности» усилиями «Коммиссiи о каменномъ строенiи Санктъ-Петербурга и Москвы» стали распространяться по всей России – с 1763 г. вплоть до 1796 г. в «Коммиссiи» были разработаны и императрица Екатерина II высочайше конфирмовала проектные генеральные планы 306 русских городов (предназначенных как для реконструкции старинных городов, так и для создания новых городов во всех губерниях страны).

К концу XVIII в. агломерационные процессы усилились. Внешнее кольцо агломерации продолжало охватывать отдельные узлы на далеких от столичного города и Санкт-Петербургской губернии территориях (Ярославль и Кострома, например, уйдя из состава губернии, продолжали оставаться ежегодными крупнейшими партнерами Санкт-Петербурга в области строительства, откуда в столицу направлялись многочисленные бригады строителей). Средний пояс приобрел более плотные очертания, объединяя территории низовий Назии, Лабы, Мги, Тосно, среднего и нижнего течения р. Луги, на юге объединяя Новгород, Псков, Старую Руссу, а на северных направлениях доходя до Кексгольма и Выборга. Ближний пояс, фактически само плотное ядро агломерации соединило территории вдоль р. Невы, единые пространстве Царского села и Гатчины, территории вдоль южного берега Финского залива вплоть до Ораниенбаума (и даже дальше), а также вдоль северного берега Финского залива вплоть до Сестрорецка и "Дыбунов" (Дибунов). Вокруг Санкт-Петербурга уже устойчиво развивались не только узлы императорских резиденций и дворцово-парковых ансамблей, но и пояса усадеб высшей знати (включая великняжеские усадьбы), а также – фортификационные узлы и промышленные пояса. Западная и восточная границы агломерации оставались вполне стабильными (на западе – охватив Нарву и Иван-Город, на востоке включив Устье р. Свирь). Вдоль Невы один из лучей агломерации шел вдоль Невы, еще севернее по трассе Санкт-Петербург – Морье возник и усиливался еще один агломерационный луч. Одновременно, агломерация значительно продвинулась в южном направлении: охватив территории южнее уездного города Рожествено, усадеб Орлино, Выра, Суйда, Извары. В структуре агломерации (внутренний пояс) начинали возникать почки роста будущих субагломераций, в том числе: Ораниенбаум-Петергоф-Стрельна, Царское Село-Павловск, Кронштадт с фортами и батареями (рис.4).

До настоящего времени не выявлено исследований, в которых бы изучались этапы возникновения и развития столичной Санкт-Петербургской агломерации. В представленной статье показаны особенности развития агломерации на протяжении XVIII в., когда происходили процессы качественного пространственного, функционального, транспортно-коммуникативного совершенствования территорий губернии. При этом отмечено, что пространства Санкт-Петербурга и окружавших его поясов пригородов последовательно расширялись, в то время как территория самой Санкт-Петербургской губернии значительно сократилась. В эти десятилетия устойчиво сформировалась иерархия пяти типов пространственно-градостроительной среды, охвативших территории от центра города до сельского окружения: центр, периферия города, предместья, пригороды, сельское окружение. За рассматриваемое столетие территория Санкт-Петербургской агломерации получила более широкие географические очертания, объединив все пять поясов на принципах «регулярности», «ансамблевости», «мозаичности». В структуре агломерации продолжались процессы развития трех суб-агломераций.

Выводы. Таким образом, анализируя осознанно (специально) проводившиеся в 1720-е – 1800 гг. на территориях уже в значительной мере сформировавшейся Санкт-Петербургской губернии градоформирующие процессы, можно выделить следующие качественные моменты:

На протяжении десятилетий XVIII в. последовательно шли процессы значительного уменьшения территории Санкт-Петербургской губернии, при одновременных процессах еще более значительного развития территорий Санкт-Петербурга, его пригородного кольца и всего ближнего пояса Санкт-Петербургской агломерации. А внешний и средний пояса агломерации практически оставались прежними.

На протяжении всего XVIII в. были осознанно сформированы и закреплены в императорских и сенатских указах идеи формирования осваиваемых пространств агломерации на основе принципа создания пяти взаимо дополнительных типов среды (центр, периферия города, предместья, пригороды, сельское окружение), качественно различающихся своими градостроительно-композиционными параметрами и создающих иерархическую систему рукотворных, воспринимаемых всем сообществом пространств от наиболее урбанизированной и сконцентрированной (центр) до наиболее близкой к природным ландшафтам (сельское окружение).

Материалы и выводы статьи могут быть интересны для всех, кто занимается вопросами исто-

рического и современного формирования и развития крупнейших городов и окружающих их агломераций, в первую очередь – для историков градостроительства и архитектуры, а также современным градостроителям, архитекторам, урбанистам, дизайнерам городской среды, ландшафтным архитекторам.

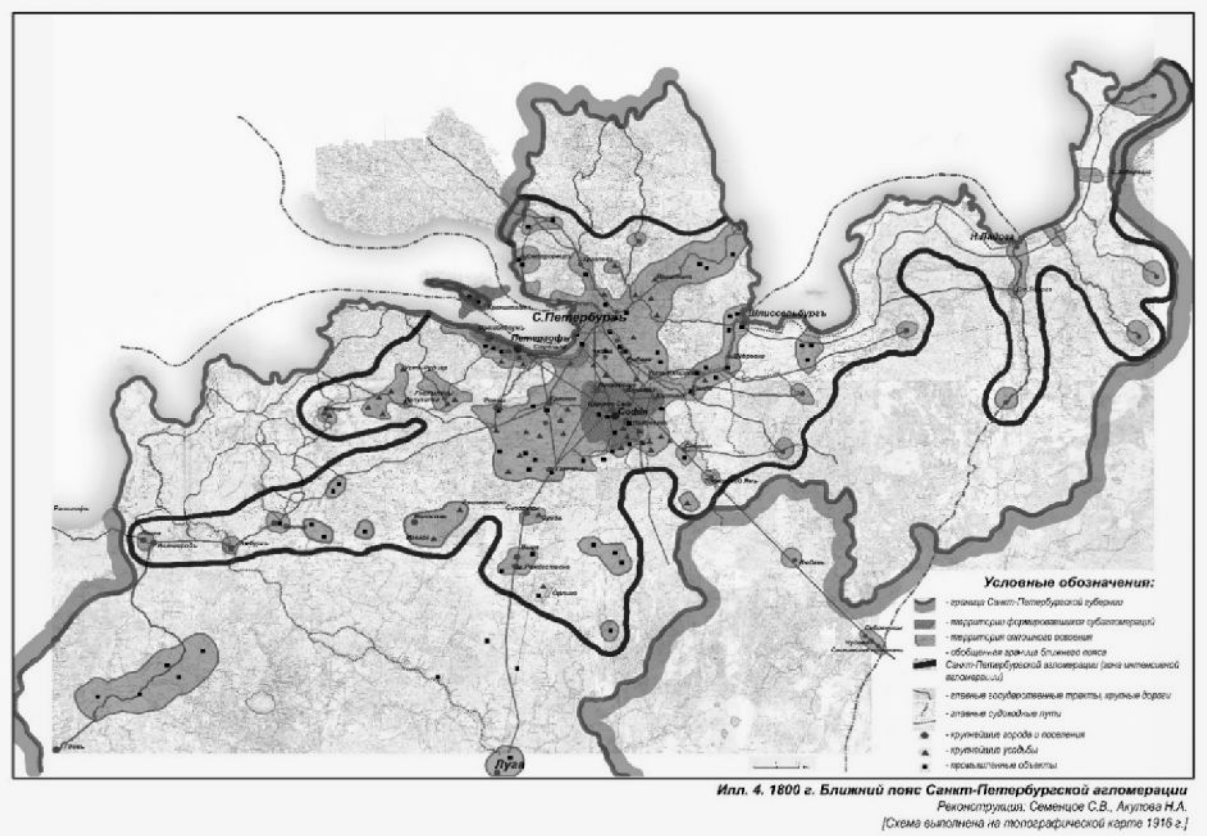


Рис. 4. 1800 г. Ближний пояс Санкт-Петербургской агломерации

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бархин М.Г. Город. Структура и композиция. М.: Изд. "Наука", 1986. 264 с.

2. Исаченко Г.А. Окно в Европу: История и ландшафты. СПб.: Изд. СПбГУ, 1998. 467 с.

3. Косицкий Я.В. Архитектурно-планировочное развитие городов. М.: "Архитектура-С", 2005. 648 с.

4. Швидковский Д.О. Основание Петербурга / Санкт-Петербург и архитектура России // Сб. "Архитектура в истории русской культуры". Вып. 7. М.: "КомКнига, 2007. С. 8–24.

5. Hehl, Rainer. Cultivating the Field in the Global Hinterland: Community Building for Mass Housing in the Amazon Region // Designing the Rural: A Global Countryside in Flux. 2016. №. 4. Vol. 86. Pp. 34–41.

6. Roskam Cole. Inventing the Rural: A Bref History of Modern Architecture in the // Designing the Rural: A Global Countryside in Flux. 2016. №. 4. Vol 86. Pp. 14–19.

7. Гиппинг А.И. Нева и Ниеншанц. Спб.: Изд. "Российский архив", 2003. 397 с.

8. Гневушевъ А.М. Очерки экономической и социальной жизни сельскаго населенія Новгородской области после присоединенія Новгорода къ Москве. Т. 1. Сельское населеніе Новгородской области по писцовымъ книгамъ 1495–1505 гг. Киев, Тип. Импер. Университета Св. Владимира, 1915. 794 с.

9. Горчаковъ И.А. Новгородскіе и шведскіе писцовые книги, какъ матеріалъ для выясненія экономическаго положенія Петербургскаго края въ XV-XVII столетіяхъ // Труды Вольнаго Экономического общества. 1885. Т. III. Вып. 4 (№ 12). С. 482–496.

10. Сауло Кепсу. Петербург до Петербурга. История устья Невы до основания города Петра. СПб.: Европейский дом, 2000. 128 с.

11. Шаскольский И.П. Столбовский мир 1617 г. и торговые отношения России со Шведским государством. М.; Л.: Изд. "Наука", 1964. 220 с.

12. Якубовъ К.И. Россія и Швеція въ первой половине XVII века. Сборникъ матеріаловъ, извлеченныхъ изъ Московскаго главнаго архива Министерства иностранныхъ Делъ и Шведскаго государственнаго архива и касающихся исторіи взаимныхъ отношеній Россіи и Швеціи въ 1616-1651 г. Съ предисловіемъ, примечаніемъ и алфавитнымъ указателемъ личныхъ именъ. М., Университетская типографія, 1897. X, 493 с.

13. Bonsdorff C. Nyen och Nyenskans. Helsingfors,1891, 505 p.

14. Писцовыя книги Ижорской земли. Томъ 1. Годы 1618-1623. Санктпетербургъ. Въ типографіи Императорской Академіи Наукъ. 1859. 147 с.

15. Oehlander C. Bidrag till kaennedom on Ingermanlands historia och Foervaltning. Uppsala, 1898.

16. Семенцов С.В. Территориальное развитие Приневья: преобразование и стабильность // Скандинавские чтения 1998 года. СПб., 1999. С. 117–163.

17. Семенцов С.В. Система поселений шведского времени в планировке Санкт-Петербурга при Петре 1 // Швеция и Санкт-Петербург: Третий научный семинар 10-11 октября 1996 года. Тексты докладов. СПб., 1996. С. 19–26.

18. Семенцов С.В. Санкт-Петербург: предыстория и первые шаги пространственного развития // Топонимический журнал. 1998. №1. С. 19–40.

19. Семенцов С.В. Петр Великий: градостроительная программа создания столичной Санкт-Петербургской агломерации на основе допетербургской сельской системы расселения Приневья // «Вестник Санкт-Петербургского университета», Серия 15. 2012. Вып. 4. С. 217–231.

20. Луппов С.П. История строительства Петербурга в первой четверти XVIII века. М.; Л.: «Изд. АН СССР», 1957. 195 с.

21. Семенцов С.В. Начало создания регулярной Санкт-Петербургской агломерации при Петре Первом // Вестник гражданских инженеров. 2014. Вып. 3 (44). СПб.:СПбГАСУ, 2014. С. 46–55. (32900 знаков, 0,9 а.л., ил.).

22. Семенцов С.В. Усилия Петра Первого в реконструкции допетербургской сельской системы расселения Приневья в столичную Санкт-Петербургскую агломерацию. 1703-1724 годы // Петровское время в лицах - 2015: Труды Государственного Эрмитажа. LXXVIII. СПб.: Изд.Гос. Эрмитажа, 2015. С. 388–398.

23. Семенцов С.В. Следы Ниена в современном Санкт-Петербурге // Водогорода Санкт-Петербург - Стокгольм. Стокгольм, 1998. С. 23-30.

24. Швидковский Д.О. Основание Петербурга / Санкт-Петербург и архитектура России // Сб. "Архитектура в истории русской культуры". Вып. 7. М.: "КомКнига, 2007. 8–24.

25. Пункты, данныя Петромъ I Санктъ-Петербургскому Генералъ-Полиціймейстеру отъ 25 Маія 1718 г. «О смотреніи, чтобы строеніе домовъ производилось по указу...» // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. V. 1713-1719. № 3203. СПб., 1830. С. 569-571.

26. Высочайшая резолюція отъ 27 Октября 1737 г. на доношеніе Коммиссіи о строеніи «О разделеніи Санктпетербурга на пять частей: Адмиралтейскую, Васильевскую, Санктпетербургскую, Литейную и Московскую» // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. X. 1737-1739. № 7416. СПб., 1830. С. 328–329.

27. Высочайше утвержденный отъ 26 Апреля 1767 г. докладъ Коммиссіи о С.-Петербургскомъ строеніи «О устроеніи Васильевскаго острова и Петербургской части» // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. XVIII. 1767-1769. № 12883. СПб., 1830. С. 115–119.

28. Высочайше утвержденный 8 Апреля 1782 г. "Уставъ Благочинія или Полицейскій" // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. XXI. 1781–1783. № 15379. СПб., 1830. С. 461–488.

29. Белецкая Е.А., Крашенинникова Н.Л., Чернозубова Л.Е., Эрн И.В. "Образцовые" проекты в жилой застройке русских городов XVIII - XIX вв. М.: Гос. изд. лит. по строительству, архитектуре и строит. материалам, 1961. 208 с.

30. Ожегов С.С. Типовое и повторное строительство в России в XVIII - XIX веках. М.: Стройиздат, 1984. 168 с.

31. Семенцов С.В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга. Ч. 1. Историческое развитие кварталов и их регламентация // Вестник гражданских инженеров. 2006. 2. С. 15–20.

32. Семенцов С.В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга. Ч. 2. Историческое развитие участков (системы разбивки и застройки участков) и их регламентация. // Вестник гражданских инженеров. 2006. №3. С. 21–26.

33. Семенцов С.В. Градостроительное развитие Санкт-Петербурга в XVIII – начале XXI века. Т. 1. Развитие территорий Приневья до основания Санкт-Петербурга. Развитие Санкт-Петербурга в XVIII веке. СПб.:СПбГАСУ, 2011. 524 с.

34. Именный указъ отъ 9 Декабря 1720 г., объявленный изъ Сената "О посылке учениковъ изъ С.Петербургской Академіи для сочиненія ландкартъ" // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. VI. 1720–1721. № 3682. СПб., 1830. 266 с.

35. Инструкція отъ 4 Сентября 1744 г., данная изъ Сената Генералъ-Маіору Фермору, для размежеванія земель въ Ингерманландіи // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. XII. 1744-1748 гг. № 9024. СПб., 1830. С. 211–214.

36. Сенатскій указъ отъ 9 Октября 1768 г. "О измереніи и снятіи на плане земель въ Ингерманландіи, и объ определеніи къ тому Землемеровъ" // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. XII. 1767-1769 гг. № 13174. СПб., 1830. С. 739–742.

37. Генваря 1 1780 г. Высочайше утвержденный штатъ С.Петербургской Губерніи // ПСЗРИ.

1-е собр. Т. XII. 1775-1780 гг. № 14959. СПб., 1830. 906 с.

38. Именный указъ от 11 Декабря 1781 г., данный Сенату "О присоединеніи къ Санктъ-Петербургской Губерніи отъ Новагородскаго Наместничества области Олонецкой и уезда Новоладожскаго, а отъ Псковскаго округи Гдовской и Лугской..." // ПСЗРИ. 1-е собр. Т. XII. 1781-1783 гг. № 15297. СПб., 1830, 352 с.

39. Семенцов С.В., Скогорева Е.В., Акулова Н.А. Административно-территориальное деление Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургской губернии XVIII - начала XX в.: Учебное пособие. СПб.:СПбГАСУ, 2014, 172 с.

40.Пэнкхерст Р., Холдер Д. Техника эксперимента в аэродинамических трубах. Иностранная литература. Москва: 1955. 677с.

Информация об авторах

Семенцов Сергей Владимирович, доктор архитектуры, профессор кафедры архитектурного и градостроительного наследия. E-mail: s.sementsov@mail.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Акулова Надежда Александровна, доцент кафедры архитектурного и градостроительного наследия. E-mail: rran@spbgasu.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Поступила в сентябре 2018 г.
© Семенцов С.В., Акулова Н.А., 2018

[1,]*Sementsov S.V., [1]Akulova N.A.

[1]Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4
**E-mail: s.sementsov@mail.ru*

FORMATION OF SAINT-PETERSBURG AGGLOMERATION IN THE XVIII CENTURY

Abstract. *The article is relevant due to the need of modern program elaboration for the development of the largest St. Petersburg agglomeration in the northwestern Russia for the following 15–20 years (up to the 2030s), taking into account the identification of historical and genetic features of its origin and formation. The purpose of the article is to study the second, stable stage of the formation of the metropolitan St. Petersburg agglomeration in 1725-1800 (under features of the formation of agglomeration at the previous stage). A comprehensive study of the issue includes urban planning, landscape and functional analysis, based on the study of archival documents and historical cartography. The main results are the findings about purposeful crystallization of the grand agglomeration carried out throughout the XVIII century. It includes three zones: "external", "middle", "near" (as zones of intensive agglomeration), extending from Vyborg to Yaroslavl. The "near" zone of agglomeration united the lap, radially and nodal formations, extending in the latitudinal direction from the estuary of the river Syas to Narva and Ivangorod, and in the meridian direction - from Sestroretsk to Orlino. During this period, the accelerated development of the main agglomeration center - St. Petersburg- was supported by the further formation of three sub-agglomerations. This version of spatial formation and unique structuring of the metropolitan St. Petersburg agglomeration, with the parallel development of sub-agglomerations, is non-standard for the world history of urban planning. The article materials are useful for historians of urban planning and for modern urbanists.*

Keywords: *St. Petersburg Province, "ideal" St. Petersburg and "ideal" St. Petersburg agglomeration, sub-agglomeration, spatial environment, formed on the principles of regular planning and development.*

REFERENCES

1. Barhin M.G. Structure and composition. M.: Ed. The science, 1986, 264 p.

2. Isachenko G.A. Window to Europe: History and landscapes. SPb.: Ed. SPSU, 1998, 467 p.

3. Kositsky Ya.V. Architectural and planning development of cities. M.: "Architecture-C", 2005, 648 p.

4. Shvidkovsky D.O. Founding of Petersburg. St. Petersburg and Architecture of Russia. Coll. "Architecture in the history of Russian culture". Issue 7. M.: Combook, 2007, pp. 8–24.

5. Rainer Hehl Cultivating the Field in the Global Hinterland: Community Building for Mass Housing in the Amazon Region. Designing the Rural: A Global Countryside in Flux, 2016, no. 4, vol. 86, pp. 34 – 41.

6. Roskam Cole. Inventing the Rural: A Bref History of Modern Architecture in the Contryside. Designing the Rural: A Global Countryside in Flux, 2016, no. 4, vol. 86, pp. 14–19.

7. Gipping A.I. Neva and Nyenskans. SPb.:

Ed. Russian Archive, 2003, 397 p.

8. Gnevushev A.M. Essays on the economic and social life of the rural population of the Novgorod region after the annexation of Novgorod to Moscow. T. 1. Rural population of the Novgorod region according to the writing books of 1495–1505. Kiev, Type. Imperial University of St. Vladimir. 1915, 794 p.

9. Gorchakov I.A. Novgorod and Swedish scribal books, such as material for clarification of the economic situation of Petersburg region in XV-XVII centuries. Proceedings of the Free Economic Society, 1885, V. III, Issue 4 (no. 12), pp. 482–496.

10. Saulo Kepsu. Petersburg to Petersburg. History of the mouth of the Neva before the founding of the city of Peter. SPb.: European House. 2000, 128 p.

11. Shaskolsky I.P. The Stolbovsky Peace of 1617 and trade relations between Russia and the Swedish state. M.; L .: Izd. "Science". 1964, 220 p.

12. Yakubov K.I. Russia and Sweden in the first half of the XVII century. The collection of materials extracted from the Moscow Main Archive of the Ministry of Foreign Affairs and the Swedish State Archives and relating to the history of mutual relations between Russia and Sweden in 1616-1651. Preface, note and alphabetical index of personal name. Moscow, University Printing House. 1897, X, 493 p.

13. Bonsdorff C. Nyen och Nyenskans. Helsingfors, 1891, 505 p.

14. Writing books of Izhora land. Tom 1. Years 1618-1623. St. Petersburg. In the typography of the Imperial Academy of Sciences, 1859, 147 p.

15. Oehlander C. Bidrag till kaennedom on Ingermanlands historia och Foervaltning. Uppsala, 1898.

16. Sementsov S.V. The territorial development of the Neva: transformation and stability. Scandinavian readings 1998, SPb., 1999, pp. 117–163.

17. Sementsov S.V. The system of settlements of Swedish time in the planning of St. Petersburg under Peter 1. Sweden and St. Petersburg: Third scientific seminar October 10-11, 1996. Texts of reports. SPb.. 1996, p. 19–26.

18. Sementsov S.V. St. Petersburg: Prehistory and First Steps of Spatial Development. Toponymic Journal, 1998, no. 1, pp. 19-40.

19. Sementsov S.V. Peter the Great: urban development program for the creation of the metropolitan St. Petersburg agglomeration on the basis of the Pre-Petersburg rural settlement system of the Neva River. “St. Petersburg University Bulletin”, Series 15, 2012, Issue. 4, pp. 217–231.

20. Luppov S.P. The history of the construction of St. Petersburg in the first quarter of the XVIII century. M.; L.: “Ed. Academy of Sciences of the USSR ". 1957, 195 p.

21. Sementsov S.V. The beginning of the creation of a regular St. Petersburg agglomeration under Peter the First. Bulletin of civil engineers, 2014, vol. 3 (44), SPb.: SPbGASU, 2014, pp. 46–55.

22. Sementsov S.V. The efforts of Peter the Great in the reconstruction of the pre-Petersburg rural system of settling of the Neva in the metropolitan St. Petersburg agglomeration. 1703-1724. Peter's Time in Persons - 2015: Proceedings of the State Hermitage Museum. LXXVIII. SPb .: Izd.Gos. Hermitage, 2015, 388–398.

23. SergeiV. Sementsov. Traces of Nyen in Contemporary Saint Petersburg. Water Cities: Saint Petersburg – Stockholm. Stockholm, 1998, pp. 25-48

24. Shvidkovsky D.O. Founding of Petersburg. St. Petersburg and Architecture of Russia. Coll. "Architecture in the history of Russian culture". Issue 7. M .: "Combook, 2007, pp. 8–24.

25. The points given by Petr I to the St. Petersburg General-Police General from May 25, 1718. "On the inspection that the building of houses should be produced by decree ...". CCLRE. 1st collected T. V. 1713–1719. no. 3203. SPb.. 1830, pp. 569–571.

26. The highest resolution from October 27, 1737 at the domicile of the Commission on the construction of “On the division of St. Petersburg into five parts: the Admiralty, Vasilyevskaya, St. Petersburg, Foundry and Moscow”. CCLRE. 1st collected T. X. 1737-1739, no. 7416. SPb., 1830, pp. 328–329.

27. Highest approved on April 26, 1767 by the report of the Commission on the St. Petersburg construction "On the construction of Vasilievsky Island and St. Petersburg part". CCLRE. 1st collected T. XVIII, 1767-1769, no. 12883, SPb., 1830, pp. 115–119.

28. The highest approved "Charter of goodwill or policeman" approved on April 8, 1782. CCLRE. 1st collected T. XXI, 1781-1783, no. 15379, SPb., 1830, pp. 461–488.

29. Beletskaya E.A., Krasheninnikova N.L., Chernozubova L.E., Ern I.V. "Exemplary" projects in residential buildings of Russian cities of the XVIII–XIX centuries. M .: State. ed. lit. on construction, architecture and builds. Materials. 1961, 208 p.

30. Ozhegov S.S. Typical and re-construction in Russia in the XVIII–XIX centuries. M.: Stroyizdat, 1984, 168 p.

31. Sementsov S.V. Stages of formation of the spatial environment of St. Petersburg. Part 1. The historical development of neighborhoods and their regulation. Bulletin of civil engineers, 2006, no. 2, pp. 15–20.

32. Sementsov S.V. Stages of formation of the spatial environment of St. Petersburg. Part 2. The

historical development of the plots (system of breakdown and development of plots) and their regulation. Bulletin of civil engineers, 2006, 3 (8), pp. 21–26.

33. Sementsov S.V. Urban development of St. Petersburg in the XVIII - early XXI century. T. 1. Development of the territories of the Neva before the founding of St. Petersburg. The development of St. Petersburg in the XVIII century. St. Petersburg: SPbGASU. 2011, 524 p.

34. Namely decree dated December 9, 1720, announced by the Senate from the Senate "On sending pupils from the St. Petersburg Academy for composing landcards". CCLRE. 1st collected T. VI. 1720-1721. no. 3682. SPb.. 1830, 266 p.

35. Instructions from September 4, 1744, given by the Senate to General-Major Fermor, for land delimitation in Ingermanlandia. CCLRE. 1st collected T. XII. 1744-1748 no. 9024. SPb..1830, pp. 211–214.

36. Senate decree dated October 9, 1768 "On the measurement and removal on the land plan in Ingermanlandia, and the scope of the Surveyor to that". CCLRE. 1st collected T. XII. 1767–1769 no. 13174. SPb.. 1830, pp. 739–742.

37. January 1, 1780. The Highest approved state of S. Petersburg Governorate. CCLRE. 1st collected T. XII. 1775-1780 no. 14959. SPb.. 1830, 906 p.

38. Decree issued on December 11, 1781, given to the Senate "On the annexation of the St. Petersburg Governorate from the Novagorod Regional Office of the Olonetsky Region and the Novoladozhskoye District, and from the Pskov District of the Gdovskaya and Lugskaya Regions". CCLRE. 1st collected T. XII. 1781-1783 no. 15297. SPb.. 1830, 352 p.

39. Sementsov S.V., Skogareva E.V., Akulova N.A. Administrative-territorial division of St. Petersburg and St. Petersburg province XVIII - beginning of XX century.: Tutorial. St. Petersburg: SPbGASU, 2014, 172 p.

Information about the authors

Semencov, Sergey V. DSc, Professor. E-mail: s.sementsov@mail.ru. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Akulova, Nadezda A. Assistant professor. E-mail: rran@spbgasu.ru. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4.

Received in Sebtember 2018

Для цитирования:

Семенцов С.В., Акулова Н.А. Формирование Санкт-Петербургской агломерации в XVIII веке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 61–75. DOI: 10.12737/article_5bf7e355cd3de1.12294639

For citation:

Sementsov S.V., Akulova N.A. Formation of Saint-Petersburg agglomeration in the XVIII century. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 61–75. DOI: 10.12737/article_5bf7e355cd3de1.12294639

DOI: 10.12737/article_5bf7e356412b50.80761916

[1,*]Коренькова Г.В., [1]Митякина Н.А., [2]Белых Т.В.
[1]Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
[2]Областное автономное учреждение «Институт региональной кадровой политики»
Россия, 308007, Белгород, ул. Студенческая, 11а
*E-mail: korenkova.gv@bstu.ru, G-korenkova@yandex.ru

ВОССОЗДАНИЕ ГОРОДА-КРЕПОСТИ ЯБЛОНОВ КАК ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА «БЕЛГОРОДСКАЯ ЧЕРТА» И ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Аннотация. *Все люди и народы живут историей: мы говорим на языках, дошедших до нас из далекого прошлого, живем в обществах со сложившимися культурами, унаследованными с древних времен, используем технологии, разработанные нашими предками. Знание истории своего государства, своего края, своего народа формирует в человеке национальное достоинство, помогает увидеть истоки национальной культуры. Решение правительства Белгородской области и общественных организаций о строительстве города-крепости Яблонов в рамках проекта по созданию культурно-исторического кластера «Белгородская черта» направлено на создание исторического объекта, являвшегося частью Белгородской черты. Проект «новой» крепости включает в себя композицию из нескольких объектов деревянного зодчества. Возводится деревянная крепость, максимально приближенной к оригиналу XVII века. Структура комплекса включает в себя все основные объекты находившиеся на территории крепости во второй половине XVII века. Этому способствует подбор древесины. Основные конструкции выполнены из архангельской сосны и лиственницы. Возведение срубов и крыш строений, образующих город-крепость выполняется по старинным технологиям.*

Ключевые слова: *Белгородская черта, город-крепость Яблонов, деревянное зодчество, сруб, угловые соединения в обло, тёс, резьба.*

Ко второй половине 1630-х годов на южном порубежье Российского государства назрела существенная необходимость для перекрытия Изюмской сакмы (дороги), по которой крымские татары к тому времени стали совершать крупные набеги на русские окраины. Учитывая сложившиеся обстоятельства, правительством решено было весной 1637 года поставить на Изюмской сакме крепость Яблонов. Яблоновский участок был одним из самых важных и опасных на Белгородской черте. Здесь Белгородская черта перерезала Изюмскую степную дорогу, проходившую между р. Корочей и верховьями небольших правых притоков р. Оскола. На Изюмской дороге прежде находился «лес яблонов невелик», давший название роднику, а затем и городу. Строительство и заселение города-крепости Яблонов – это одно звено в цепи возведения аналогичных городов-крепостей, образовавших оборонительную линию, с 1658 г. известную под названием Белгородская черта [1].

Белгородская черта – уникальное сооружение не только в силу своих инженерных характеристик и значения, которое Черта сыграла в деле организации обороны территории Российского государства в XVII столетии, но и в связи с тем, что для ее сооружения потребовалось провести колоссальную организационную работу. Возведение 800-километровой Белгородской черты которая прошла по территориям современных Белгородской, Воронежской, Липецкой, Тамбовской и Сумской (Украина) областей было большим событием и истории России XVII в. Труд многих тысяч русских людей, построивших замечательное для своего времени инженерное сооружение – Белгородскую черту не пропал даром. Она заслонила южные и центральные области России от грабительских набегов крымских татар, дала возможность освоить обширные территории плодородных земель, способствовала укреплению военного и экономического могущества России [2].

Для выполнения задачи по усилению защиты южной окраины Российского государства на строительство укреплений у Яблонова леса прибыло несколько приказов московских стрельцов, а также белгородские и оскольские служивые люди, и 16 апреля 1637 года они начали строительство города Яблонова [3].

По данным на 1640 год, то есть через три года после строительства, земляной город Яблонов, «ослоненный» (укрепленный) деревянным острогом, имел четыре проезжие башни и девять башен глухих (рис. 1). Внутри города располагались: соборная церковь Знамения Пречистой Богородицы, воеводский двор, приказная изба, житницы (амбары с хлебом), таможня, кабак и два казенных погреба [4].

Утрата своеобразия историко-архитектурного облика Белгородчины, потеря ценных объектов культурного наследия, недостаточный уровень образованности, духовного потенциала населения явились причиной появления проекта по созданию культурно-исторического кластера «Белгородская черта».

Департаментом строительства и транспорта, департаментом внутренней и кадровой политики, региональной общественной организацией «Историческое общество «Ратник» и государственным архивом Белгородской области в рамках этого проекта было принято решение о возведении деревянной крепости Яблонов, максимально приближенной к оригиналу XVII века. Место строительства объекта – с. Яблоново Корочанского района Белгородской области.

Поскольку это сооружение создаётся в селе, которое свою историю берёт в XVII веке как важнейший город-крепость Белгородской оборонительной черты Яблонов, было принято решение учесть его историческое значение и оформить территорию в виде деревянной крепости в натуральную величину».

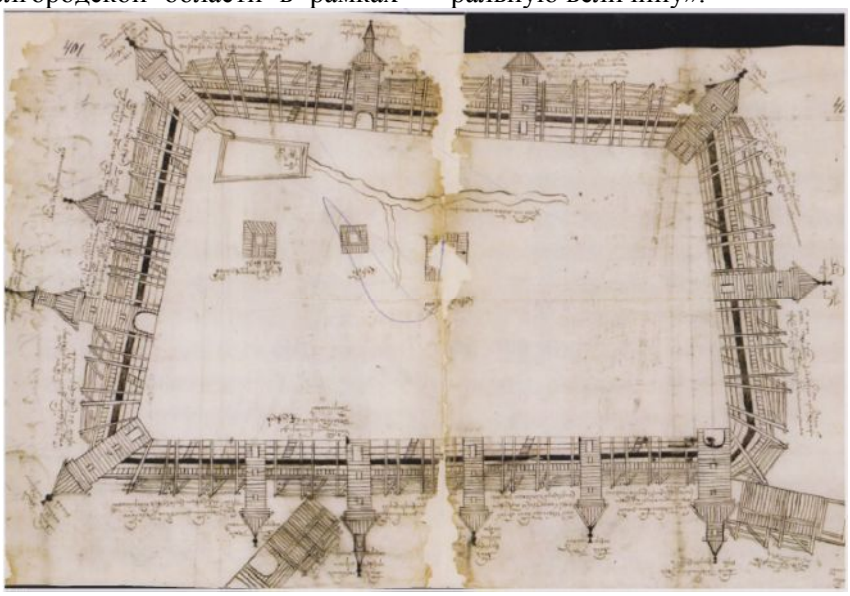


Рис. 1. Чертеж города Яблонова 1679 года

Авторы проекта считают, что этот ключевой период истории для большинства россиян, и в частности белгородцев, остается белым пятном. Заселение, развитие и освоение нашего региона шло интенсивно во многом благодаря появлению этого оборонительного рубежа.

Для осуществления проекта потребовалось глубокое и детальное изучение история города Яблонова. Историки специально изучали литературу по древнему деревянному зодчеству, чтобы максимально приблизиться к оригиналу при строительстве, то есть воссоздать все элементы крепости по историческим документам.

В ходе работы авторами проекта было использовано большого количества архивных документов. Это позволило существенно дополнить и конкретизировать имеющиеся представления о строительстве города-крепости Яблонов, причем в различных аспектах: характеристика укреплений с попыткой точной их привязки местности с использованием современных географических ориентиров; анализ крепостной артиллерии и стрелкового оружия гарнизона крепости; описание сложного процесса заселения Яблонова, включавшего в себя наделение переселенцев землей для строительства жилья и ведения сельского хозяйства.

Крепость включает в себя композицию из нескольких объектов деревянного зодчества: крепостную стену и галерею переходов, воеводский дом, колокольню, часовню, проезжую башню, глухую башню, проходную башню, кружечный двор, караульную избу, житный двор с мельницей, ремесленные мастерские и другие строения (рис. 2). Всего двадцать сооружений [5, 6, 7].

Все возводимые объекты функциональны. Так, в воеводском доме разместится микробиологическая лаборатория по исследованию почвы и конференц-зал для проведения массовых мероприятий, на житном дворе будет располагаться мельница и помещение для помола муки, выпечки и продажи хлеба. Ремесленные мастерские пригласят ознакомиться с экспозицией, соответствующей XVII в. Кроме того, на территории крепости будут представлены экспозиция «Пушка», торговые ряды и торговая лавка, открытая кузница, колодцы, детская игровая площадка, мосты, ров и земляные валы. Площадь земельного участка, на котором расположится крепость, составит почти 13,8 тыс. кв. метров, территория застройки – порядка 1,7 тыс. кв. м (рис. 2).

а

б

Рис. 2. Проект города-крепости Яблонов
а – схема планировочной организации земельного участка; 5 – башня проезжая; 6.2-6.5 – башня глухая; 7 – башня проходная; 8 – караульная изба; 9 – экспозиция «Пушка»; 11 – казенный погреб; 12 – житный дом; 13 – торговые ряды; 13.1 – амбар; 13.2 – торговая лавка; 14 – ремесленные мастерские; 16 – крытый навес; 17 – воеводский дом; 18 – колокольня; 19 – часовня; 24 – крепостная стена;
б – 3D визуализация проекта «Город-крепость Яблонов»

Строят крепость из северного дерева, которое зимой 2017 г. специально заготовили в Архангельской области. Для возведения строений было отобрано 1800 куб. м сосны. Там же местные умельцы по старинным технологиям срубили из него уже спроектированные башни и здания и дали им отстояться. Затем разобрали, каждое бревно пронумеровали, перевезли в Белгородскую область и уже здесь собрали заново (рис. 3). В тёплое время года постройки получили усадку в наших условиях. И лишь после этого начнут внутреннюю отделку крепости, её наполнят исторической информацией и музейными экспонатами.

На Руси древесина всегда была самым доступным материалом. Из нее возводили сооружения различных построек – от простых изб, хором, культовых зданий до разнообразных производственных и военных объектов.

Прочность древесины зарекомендовала себя веками, срубы, построенные нашими предками ещё в XVI-XVII веках, стоят до наших дней. На сегодняшний день известно более 50 вариантов возведения срубов, каждый из которых имеет свою технологию и традиции. Самые значительные строения на Руси возводились их выстоянных бревен, заготовленных из деревьев, которым по несколько сотен лет. Единственным критерием размеров строения становились размеры бревна – его длина и толщина [8].

Рис. 3. Строительная площадка города Яблонов в Белгородской области. Лето 2018 года

Стены из горизонтальных бревен располагаются рядами. В верхнем бревне выбирался желоб, точно повторяющий конфигурацию всех выпуклостей нижнего бревна таким образом концы бревен врубаются друг в друга составляя венцы. Несколько венцов, поставленных один на другой и взаимно соединенных шипами, образуют сруб. Узлы обычно рубят либо «в обло» («в чашу»), либо «в лапу» («в чистый угол»). Цель: крепость сооружения, теплоизоляция, красота.

Углы «в чашу» (по-современному) или «в обло» по-старинке, считались самыми теплыми и надежными. При таком способе крепления стен бревна выходят за стену, имеют крестообразную форму, если посмотреть сверху на сруб. Название «обло» происходит от слова «оболонь» («облонь»), означающего наружные слои дерева. Еще в начале XX в. говорили: «рубить избу в оболонь», если хотели подчеркнуть, что внутри избы бревна стен не стесываются [9, 10].

Все объекты строящегося города-крепости – срубы, возводимые из сосны с угловыми соединениями в обло. Сруб в чашу требует особых навыков, но, в результате получалось идеальное крепление бревен по углам (рис. 4).

Издавна особого внимания при возведении зданий требовала крыша. Она должна была быть достаточно прочной, выдерживать дождь, снег, ветер и перепады температур. По форме чаще всего встречались крыши, покатые с двух сторон, или изломанные. Покрывали дома самым разнообразным материалом – перевернутым дерном, соломой, связанной в пучки, гонтом. Но самым дорогим покрытием были доски (тес). История устройства деревянных кровель из теса насчитывает не одно столетние [11].

Строения возводимого города Яблонов покрывают двухслойным тесом из лиственницы учитывая все тонкости старых технологий.

Тес – тонкие необрезные доски, получаемые путем продольной распиловки бревна, с двумя продольными желобками для стока воды. При двуслойном покрытии доски для верхнего слоя строгают сверху и с боков, а для нижнего только сверху. Длина тёса варьируется от 4 до 6,5 метров, толщина от 19 до 45 мм, ширина 160-200 мм. Достоинства данного типа кровли – долговечность, морозо- и ветроустойчивость. Благодаря ее свойству «дышать» под кровлей не создается конденсат. При дожде и сильном ветре она не шумит, а главное, – придает облику здания неповторимый внешний вид [12].

Использование древесины лиственницы для устройства кровли неслучайно. Она представляет собой особо ценный пиломатериал благодаря своим уникальным биологическим и физико-механическим свойствам. Тёс из этой породы дерева обладает высокой плотностью и прочностью, малосучковат, имеет неповторимую текстуру, а также отличается удивительной стойкостью к гниению за счёт высокой смолистости, а также специфическому составу смолы.

Для завершения образа деревянных строений образца XVII века авторы проекта оформили их резьбой (рис. 5).

Издревле на Руси деревянные дома украшали резьбой, превращая их в настоящее произведение искусства. Резьба на причелинах, подзорах кровель и оконных наличниках подчеркивала индивидуальность каждого дома. Мотивами резьбы служили цветы, злаки, животные и птицы. Основные украшения сосредотачивали на фронтонах, коньках, оконных наличниках, резьбой украшали крыльцо [13, 14].

Важнейшей задачей, решаемой проектировщиками и строителями Яблонова, является защита деревянных конструкций и придание вновь возведенным строениям комплекса естественного вида для этого конструкции обрабатываются маслом и окрашиваются краской на водной основе (рис. 5, *а*) [15].

Рис. 4. Фрагмент сруба с угловыми соединениями в обло

а *б*

Рис. 5. Оформление строений резьбой
а – ремесленные мастерские; б – оконный проем (фрагмент фасада)

Крепость в Корочанском районе возводится в рамках проекта по созданию культурно-исторического кластера «Белгородская черта» призванного привлечь внимание туристов – жителей нашей страны и зарубежных туристов к одному из интереснейших периодов истории российского государства и региона.

Для реализации проекта выполнена масштабная научно-исследовательская работа, изучены архивные документы по данной тематике. Крепость-город Яблонов строится по технологиям XVII века, с кузницей, колокольней, часовней и другими элементами инфраструктуры того времени.

Решение о строительстве крепости направлено на то, чтобы сделать засечную черту одним из брендов Белгородской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Загоровский В.П. Белгородская черта. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1969. 304 с.

2. Багалей Д.И. Очерки из истории колонизации степной окраины Московского государства. М.: Университетская тип (М. Катков), 1887. 634 с.

3. Жигалов В.М., Бобов А.Г. Болховской рубеж. Белгород: Изд-во КОНСТАНТА, 2017. 336 с.

4. Трибунцева К.М. Архитектурно-планировочные особенности крепостей и слобод Белгородской засечной черты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №7. С. 53-57.

5. Носов К.С. Русские средневековые крепости. М.: Изд-во ЭКСМО, 2013. 352 с.

6. Крадин Н.П. Русское деревянное оборонное зодчество. М.: Искусство, 1988. 142 с.

7. Пилявский В.П., Тиц А.М., Ушаков Ю.С. История русской архитектуры. М.: Архитектура-С, 2003. 512 с.

8. Сауд Я., Коренькова Г.В. Древесина как строительный материал современных индивидуальных жилых домов / Будущее науки-2016: сб. научных статей 4-й Междунар. молодежной науч. конф. (Курск, 14-15 апр. 2016 г.), в 4-х томах, Том 3, Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015. С. 211-215.

9. Залесский В.Г. Архитектура. Краткий курс построения частей зданий. М.: Типо-литорафия Т-ва И.Н. Кушнеревъ и К°, Пименовская улица, соб. дом, 1904. 569 с.

10.Грабарь И.Э. О русской архитектуре. М.: Изд-во «Наука», 1969. 428 с.

11.Коренькова Г.В., Сауд Я. Архитектурно-конструктивные аспекты скатных крыш индивидуальных жилых домов / Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом: сб. науч. трудов III Междунар. науч.-практ. конф., (Новосибирск, 7 фев. 2016 г.), Нижний Новгород: Изд-во ООО «Ареал», 2016. С. 80-82.

12.Ополовников А.В., Островский Г.С. Русь деревянная. Образы русского деревянного зодчества. М.: Изд-во «Детская литература», 1981. 200 с.

13.Скворцов А.И. Русская народная пропильная резьба. М.: Изд-во «Художник РСФСР», 1984. 234 с.

14.История резных фасадов. Крестьянская изба и домовая резьба. Наличники [Электронный ресурс]. Систем. требования: URL: https://www.perunica.ru/chistiy_ist/665-krestyanskaya-izba-i-domovaya-rezba-nalichniki.html (дата обращения: 18.10.2018).

15.Защита деревянного дома снаружи и внутри [Электронный ресурс]. Систем. требования: URL: proekt-sam.ru/derevo/zashita-derevyannogo-doma.html (дата обращения: 20.10.2018).

Информация об авторах

Коренькова Галина Викторовна, доцент кафедры архитектурных конструкций. E-mail: G-korenkova@yfndex.ru, korenkova.gv@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Митякина Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций. E-mail: natmit2010@bk.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Белых Татьяна Владимировна, кандидат социологических наук, заместитель начальника отдела специальных проектов. E-mail: belikhtv@yandex.ru. Областное автономное учреждение «Институт региональной кадровой политики». Россия, 308007, Белгород, ул. Студенческая, д. 11а.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Белых Т.В., 2018

[1,]*Korenkova G.V., [1]Mityakina N.A., [2]Belykh T.V.

[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
[2]Regional autonomous establishment "Institute of Regional Personnel Policy"
Russia, 308007, Belgorod, st. Studencheskaya, 11a
**E-mail: korenkova.gv@bstu.ru, G-korenkova@yandex.ru*

RHE RECONSTRUCTION OF WALLED CITY YABLONOV AS CULTURAL AND HISTORICAL OBJECT OF «BELGOROD LINE» CLUSTER AND WOODEN ARCHITECTURE

Abstract. *History plays an important role in the humanity's life. We use languages of the past, we live in societies with inherited cultures, we use technologies developed by our ancestors. The knowledge of country's and nation's history forms the national dignity. It helps to behold sources of national culture. The decision of the Belgorod region Government and public organizations to construct the walled city Yablonov as part of the project of creating the cultural and historical cluster "Belgorod line" is aimed at creating a historical object. The "new" fortress project includes a composition of several objects of wooden architecture. A wooden fortress is being built as close as possible to the original of the XVII century. The walled city structure includes all main objects located on the territory of the fortress in the second half of the XVII century. A selection of wood contributes to the construction. The main structures are made of Arkhangelsk pine and larch. The construction of log cabins and roofs is carried out according to the ancient technologies*

Keyword: *«Belgorod line», the walled city of Yablonov, wooden architecture, log cabin, corner joint v oblo', battens, thread.*

REFERENCES

1. Zagorovsky V.P. Belgorod line. Voronezh: Publishing house Voronezh. University, 1969, 304 p.
2. Bagaley D. I. Essays on the history of colonization of the steppe outskirts of the Moscow state. M.: University type (M. Katkov), 1887. 634 p.
3. Zhigalov V.M., Bobov A.G. Bolkhov frontier: monograph. Belgorod: CONSTANT Publishing House, 2017, 336 p.
4. Tribuntseva K.M. Architectural-planning features of forts and settlements of the Belgorod defense line. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 7, pp. 53–57.
5. Nosov K.S. Russian medieval fortresses. M.: Publishing House "Eksmo", 2013, 352 p.
6. Kradin N.P. Russian wooden defense architecture. M.: Art, 1988, 142 p.
7. Pilyavsky V.P., Tits A.M., Ushakov Y.S. History of Russian architecture. M.: Architecture-C, 2003, 512 p.
8. Saud J., Korenkova G.V. Wood as a building material of modern individual houses.The future of science-2016: Sat. scientific articles of the 4th Intern. youth science conf. (Kursk, April 14-15, 2016), in 4 volumes, Volume 3, South-West state Univ., CJSC "University book", Kursk, 2015, P. 211-215.
9. Zalessky V.G. Architecture. A short course of building parts of buildings. M.: Tipo-Littorafia of T-va I.N. Kushnerev and Co., Pimenovskaya street, House, 1904, 569 p.
10. Grabar I.E. About Russian architecture. M.: Publishing house "Science", 1969, 428 p.
11. Korenkova G.V, Saud J. Architectural and constructive aspects of the pitched roofs of individual residential houses / Actual problems of technical sciences in Russia and abroad: Sat. scientific Proceedings of the III Intern. scientific-practical Conf., (Novosibirsk, Feb. 7, 2016), Nizhny Novgorod: Publishing House LLC "Areal", 2016, p. 80–82.
12. Opolovnikov A.V., Ostrovsky G.S. Russia is wooden. Images of Russian wooden architecture. M.: Publishing House "Children's Literature", 1981, 200 p.
13. Skvortsov A.I. Russian folk propyl carving. M .: Publishing House "Artist of the RSFSR", 1984, 234 p.
14. The history of carved facades. Peasant hut and house carving. Platbands [Electronic resource]. Systems Requirements: URL: https://www.perunica.ru/chistiy_ist/665-krestyanskaya-izba-i-domovaya-rezba-nalichniki.html (appeal date: 10/18/2018)/
15. Protection of wooden houses inside and outside [Electronic resource]. Systems Requirements: URL: proekt-sam.ru/derevo/zashita-derevyannogo-doma.html (access date: 10/20/2018).

Information about the authors

Korenkova, Galina V. Assistant professor. E-mail: korenkova.gv@bstu.ru, G-korenkova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Mityakina, Natalia A. PhD, Assistant professor. E-mail: natmit2010@bk.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Belykh, Tatyana V. PhD, Assistant professor. E-mail: belikhtv@yandex.ru. Regional autonomous establishment "Institute of Regional Personnel Policy". Russia, 308007, Belgorod, st. Studencheskaya, 11a

Received in Sebtember 2018

Для цитирования:

Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Белых Т.В. Воссоздание города-крепости Яблонов как объекта культурно-исторического кластера «Белгородская черта» и деревянного зодчества // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №12. С. 76–82. DOI: 10.12737/article_5bf7e356412b50.80761916

For citation:

Korenkova G.V., Mityakina N.A., Belykh T.V. Rhe reconstruction of walled city yablonov as cultural and historical object of «Belgorod line» cluster and wooden architecture. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 12, pp. 76–82. DOI: 10.12737/article_5bf7e356412b50.80761916

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_5bf7e356b23403.63058557

[1]Павленко В.И., [1,*]Черкашина Н.И., [1]Манаев В.А.,[1]Сидельников Р.В.
[1]*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
**E-mail: cherkashina.ni@bstu.ru*

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ И ТЕРМООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТА С КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ ПРИ ВАКУУМНО-ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Аннотация. *В данной работе изучено воздействие вакуммного ультрафиолетового (ВУФ) излучения на полимерные композиты на основе полиалканимида с кристаллическим диоксидом кремния. Рассмотрено изменение морфологии и термооптических характеристик полимерного композита при вакуумно-тепловом воздействии. Облучение образцов полимерных композитов вакуумным ультрафиолетовым излучением проводилось в специализированной установке для испытаний образцов из полимеркомпозитов в условиях, приближенных к околоземному космическому пространству. Изучена микроскопия поверхности полимерного композита методами растровой (сканирующей) электронной микроскопией и атомной-силовой (зондовой) микроскопией до и после облучения ВУФ. Установлено, что микроскопия поверхности необработанного композита, характеризуются непрерывным распределением кристаллического S_iO_2 по всему объему полиалканимидной матрицы, однако также наблюдается неоднородность распределения кристаллического S_iO_2 неорганического компонента в объеме композита. После 24-часовой обработки ВУФ микроскопия поверхности практически не изменилась. Отчетливо видны гр333аницы кристаллического S_iO_2, которые также покрыты полиалканимидом. Изначальная поверхность композита достаточно гладкая и ровная, а шероховатость находится в нанодиапазоне. Установлено, что ВУФ приводит к эффективной функционализации поверхностного слоя полимерного материала (65 % мас. наполнителя) и сглаживанию поверхности: средняя шероховатость уменьшается с 20 до 11 нм. Показано, что изменение параметров шероховатости поверхности композита после обработки ВУФ указывает на травление поверхностного слоя, не затрагивающее нижние слои композита. После облучения композита с 65 % содержанием наполнителя при температуре 125 °С в течение 24 часов интегральный коэффициент поглощения увеличивается на 9,6 % с 0,09 до 0,096 по сравнению с исходным, что меньше критерия стойкости к ВУФ-излучению.*

Ключевые слова: *вакуумный ультрафиолет, полимерный комопозит, кристаллический S_iO_2, зондовая микроскопия, шероховатость.*

Введение. Известно, что ультрафиолет (УФ) и вакуумный ультрафиолетовый (ВУФ) значительно способствуют деградации материалов космических аппаратов на околоземной орбите. УФ/ВУФ-излучение вездесущее – широко распространено практически на всех орбиталях высоты. В то же время в присутствии атомарного кислорода (например, на низкой околоземной орбите) эффекты деградации могут быть более выраженным на определенных высотах [1–2].

Материалы, используемые в конструкции космических аппаратов в качестве терморегулирующих покрытий, показывают наиболее значительное ухудшение функциональных свойств под воздействием ВУФ. Эта деградация проявляется как поверхностная эрозия в полимерах, так и в увеличении абсорбционной способности (потемнение) в полимерах и термических красок [3–4]. Именно такое изменение абсорбции ставит под угрозу терморегулирующие свойства материалов.

Температура космического аппарата пропорциональна отношению его поглощающей солнечной энергии (α_{solar}) к его излучательной способности (ε).

$$T_{spacecraft}=\alpha_{solar}/\varepsilon \quad (1)$$

Как правило, излучательная способность терморегулирующих покрытий не изменяется. Поэтому, если поглощающая способность материалов терморегулирования возрастает со временем, будет сопутствующее повышение температуры космического корабля. Действительно, данные как по летным экспериментам, так и по лабораторным испытаниям, указывают на серьезные последствия деградации полимерных материалов после воздействия ВУФ [5-7]. Например, органические материалы, в частности пленки Kapton® и Teflon® снятые со спутника SolarMaximumMission имели серьезные повреждения [8]. Тепловые покрытия, которые находились на околоземной орбите в течение четырех

лет и двух месяцев, показали деградацию, характеризующуюся интенсивной эрозией, возникающей на поверхностях материала подвергавшегося воздействию как ВУФ, так и атомарного кислорода. Обнаружена наиболее серьезная деградация для образцов, прикрепленных к передней кромке спутника, который получил преимущественно ВУФ-облучение. Кроме того, краски для терморегулирования, применяемые к задней кромке показали сильное затемнение. Изменения, вызванные ВУФ в этих материалах, могут значительно меняют их поглощающую способность и контрольные характеристики. Понятно, что долгосрочное космическое воздействие на эти материалы значительно ухудшит их целостность теплового контроля.

ВУФ-излучение длин волн от 115 до 200 нм, создаваемое солнцем в космической среде, может вызвать деградацию терморегулирующих покрытий, производя изменения оптических, механических и химических свойств [9–12]. Эти эффекты особенно важны для полимера, поскольку для большинства полимеров ВУФ-излучение поглощается тонким поверхностным слоем [13–14]. Вакуумный ультрафиолет содействует десорбции молекул CO, CO_2 , H_2O и H_2 с поверхности полимера: энергии ВУФ-излучения достаточно для разрыва связей С–С, С–О и функциональных групп [15–16]. Большинство исследований посвящено изучению изменений оптических характеристик под воздействием ВУФ на чистые полимеры. Однако чистые полимеры редко применяются для терморегулирующих покрытий класса «Солнечные отражатели», так как они обладают низкими исходными оптическими характеристиками.

В данной работе изучено воздействие ВУФ на полимерные композиты на основе полиалканимида с кристаллическим диоксидом кремния. Рассмотрено изменение морфологии и термооптических характеристик полимерного композита при вакуумно-тепловом воздействии.

Методология. В качестве полимерной матрицы для синтеза композитов использовали термопластичный полиалканимид, получаемый поликонденсацией диангидридапиромеллитовой кислоты с 1,12 – додекаметилендиамином.

В качестве наполнителя использовали кристаллический диоксид кремния. Синтез кристаллического диоксида кремния производили гидротермальным способом в щелочной среде путем автоклавирования в реакторе высокого давления (GSA-0.3). Рабочий объем автоклава способен вместить в себя до 300 мл вещества жидкого состояния, создавать рабочее давление до 70 МПа, рабочий интервал температур до 350ºС.Более подробно способ получения и свойства кристаллического диоксида кремния описаны в [17].

Композитные диски получали следующим образом. Полиалканимид растворяли в полярном апротонном растворителе (толуоле). Растворение полиалканимида необходимо для смешения матрицы и модифицированного наполнителя в жидкой среде с использованием ультразвуковой кавитации. Использование ультразвуковой обработки (частота 22 Гц) позволяет достичь высокой однородности распределения наполнителя в матрице и не дает возможности образованию агломератов частиц наполнителя [18–21]. После выпаривания растворителя получали порошкообразную смесь матрицы и наполнителя.

Полученную смесь полиалканимида и кристаллического диоксида кремния загружали в стальную пресс-форму, нагревали до температуры размягчения полиалканимида и поддерживали ее в течение часа. После нагрева происходило прессование при высоком давлении 1 ГПа. Полученный композит представлял собой диски круглой формы диаметром 3 см и толщиной 1–5 мм.

Облучение образцов полимерных композитов вакуумным ультрафиолетовым излучением проводилось в специализированной установке для испытаний образцов из полимеркомпозитов в условиях, приближенных к околоземному космическому пространству (рис. 2). Установка изготовлена фирмой ООО «Вакуумные системы и электроника» (Новосибирск, Россия) по заказу Центра радиационного мониторинга BSTU named after V.G. Shukhov (Belgorod, Russia).

Установка имеет следующие технологические параметры: вакуум (давление не более 10-3 Па), температура -190 °С до +160 ºС, ионизирующее излучение (ВУФ с длиной волны $\lambda = 90…115$ нм, интенсивность 0.5 Вт/м^2). Установка позволяет одновременно облучать 12 образцов диаметром не более 5 см. Облучение в камере проводили при повышенной 125°С температуре в течение 24 часов, поглощенная доза в каждом эксперименте составляла 9,54 МГр.

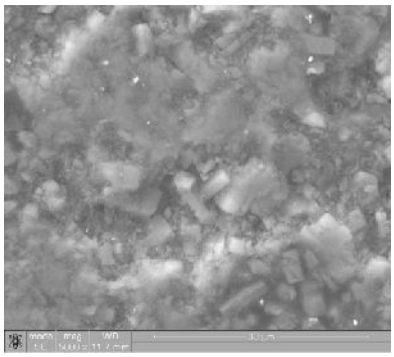
Сканирующая (растровая) электронная микроскопия была использована для изучения морфологии поверхности до и после облучения ВУФ. Микроскопию проводили с использованием электронного микроскопа TescanMira 3 LMU.

Зондовую микроскопию поверхности композитов до и после облучения ВУФ изучали с использованием сканирующего зондового микроскопа Ntegra-aura (изготовитель ЗАО «НТ-МДТ», Россия, 2007).

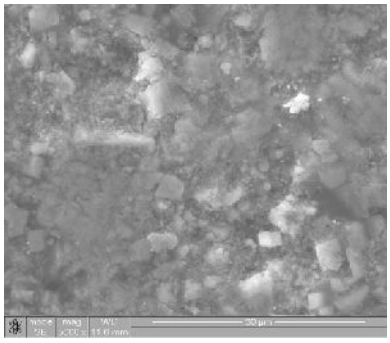
Интегральный коэффициент поглощениясолнечногоизлучения рассчитывали исходя из

значений спектров отражения композитов при определенной длине волны. Спектры отражения композитов (rλ) регистрировали с помощью спектрофотометра UV-3600. Спектры rλ регистрировали в диапазоне 0.24–2.02 μm по точкам с шагом 0.5 nm.

Основная часть. По проведенным ранее данным оптимальными физико-механическими характеристиками обладали композиты с 65 мас. % содержанием наполнителя. На рис. 1 представлены микрофотографии полимерного композита до облучения (рис. 1, а) и после облучения ВУФ (рис. 1, б). Микроскопия поверхности необработанного композита, характеризуются непрерывным распределением кристаллического SiO_2 по всему объему полиалканимидной матрицы, однако также наблюдается неоднородность распределения кристаллического SiO_2 неорганического компонента в объеме композита (рис. 1, а). Анализ микроструктуры поверхности необработанного композита показал тонкую структуру зерен. Частицы SiO_2 покрыты термопластичным покрытием из полиалканимидного полимера (рис. 1, а). Хотя изображение СЭМ на рис. 1, а показывает неоднородное распределение наполнителя из-за агломерации частиц, но никаких микротрещин или расколов обнаружено не было. После 24-часовой обработки ВУФ микроскопия поверхности практически не изменилась. Отчетливо видны границы кристаллического SiO_2, которые также покрыты полиалканимидом.



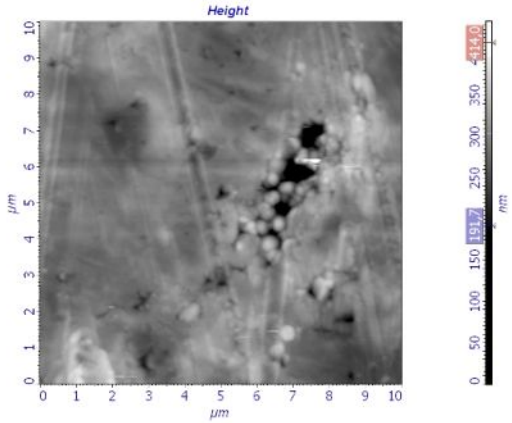
а



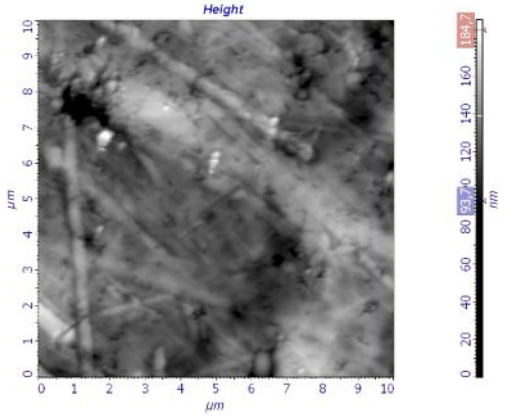
б

Рис. 1. Микроструктура поверхности полимерного композита до (а) и после облучения ВУФ (б)

Для более тонкого анализа поверхностных изменении композита после обработки ВУФ на рис. 2 представлено АСМ-изображение поверхности исходного полимерного композита с 65 % содержанием кристаллического SiO_2, а также поверхности после обработки ВУФ в течение 24 часов при температуре 125 °С.



а



б

Рис. 2. АСМ-изображение поверхности исходного полимерного композита до (а) и после облучения ВУФ (б)

Анализ параметров шероховатости поверхности проводился на площади 10×10 мкм. По параметрам, представленным в табл. 1, можно судить о степени шероховатости поверхности. Анализ статистических параметров поверхности показывает, что изначальная поверхность композита достаточно гладкая и ровная, а шероховатость находится в нанодиапазоне.

Ниже представлены параметры шероховатости поверхности и формулы по которым они вычислялись:

1) Высота пикового пика обозначается S_y. Параметр определяется как разность высот между самым высоким и самым низким изображением.

$$S_y = z_{max} - z_{min} \quad (2)$$

2) S_z-10 точек по высоте, определяется как средняя высота пяти максимальных локальных

максимумов плюс средняя высота пяти наименьших локальных минимумов:

$$S_z = \frac{\sum_{i=1}^{5}\left|z_{pi}\right| + \sum_{i=1}^{5}\left|z_{vi}\right|}{5} \quad (3)$$

где z_{pi} и z_{vi} – высота i-го максимального локального максимума и i-го младшего локального минимума соответственно. Если не существует пяти допустимых максимумов или пяти действительных минимумов, параметр не определен.

3) Средняя шероховатость обозначается как Ra (средняя арифметическая высота линии). Этот параметр выражает абсолютную величину разницу в высоте каждой точки по сравнению с арифметическим средним для поверхности. Этот параметр обычно используется для оценки шероховатости поверхности.

$$S_a = \frac{1}{A}\iint_A \left|z(x\ y)\right| dx \cdot dy \quad (4)$$

4) Среднеквадратичная шероховатость (S_q) представляет собой среднеквадратичное значение значений ординат в области определения. Она эквивалентна стандартным отклонениям высот.

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{A}\iint_A z^2(x\ y)\ dx \cdot dy} \quad (5)$$

5) Поверхностная ассиметрия (S_{sk}) представляет собой степень смещения формы шероховатости (неровности).

S_{sk}<0: распределение по высоте смещено над средней плоскостью.

S_{sk} = 0: распределение высоты (пики и ямы) симметрично относительно средней плоскости.

S_{sk}> 0: распределение по высоте смещено ниже средней плоскости.

6) Коэффициент резкости пика, (S_{ka})является мерой резкости профиля шероховатости.

S_{ka}<3:Распределение по высоте смещено над средней плоскостью.

S_{ka} = 3: Нормальное распределение.

S_{ka}> 3: Распределение по высоте с шипами.

Изменение параметров шероховатости поверхности композита после обработки ВУФ указывает на травление поверхностного слоя, не затрагивающее нижние слои композита. Энергия фотонов от 9,6 до 15 эВ достаточно высока, чтобы возбуждать электроны до высоких уровней вблизи порога ионизации [22]. Вакуумное ультрафиолетовое облучение ведет главным образом к селективному возбуждению электронов в синглетных состояниях в молекулах полимера [23], в то время как радиолиз приводит к ионизации и возбуждению электронов в синглетные и триплетные состояния. Поэтому обработка полимерного композита ВУФ привела к разрыву различных химических связей в полимерных молекулах, включая С-С, С-Н, С-О. Расщепление связи и рекомбинация радикалов, образованных фотолизом ВУФ, могут приводить к двойным связям и поперечным связям. Поэтому ВУФ может модифицировать полимерные поверхности, не повреждая объемные свойства, поскольку характерная глубина проникновения ВУФ в полимеры не превышает нескольких сотен нм из-за высокой ионизации поглощения (10^4–10^5 см$^{-1}$) [22].

Такое комплексное воздействие приводит к эффективной функционализации поверхностного слоя полимерного материала и сглаживанию поверхности, что отчетливо видно по данным таблицы 1: средняя шероховатость уменьшается с 20 до 11 нм.

Одним из основных параметров ТРП является коэффициент поглощения солнечного излучения α_s. Интегральный коэффициент поглощения αs, вычисляли исходя из величин коэффициентов отражения по формуле:

$$\alpha_s = 1 - R_s = 1 - \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_\lambda \cdot \rho_\lambda d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_\lambda \cdot d\lambda} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} \rho_{\lambda i}}{n}, \quad (6)$$

где R_s – интегральный коэффициент отражения солнечного излучения r_λ – значение коэффициента отражения композита при длине волны λ; n – число равноэнергетических участков солнечного спектра (n=24).

Арбитражный критерий стойкости к воздействию ВУФ для ТРП в космическом пространстве состоит в увеличении интегрального коэффициента поглощенияне более, чем на 25 % по ГОСТ. После облучения композита с 65 % содержанием наполнителя при температуре 125 °С в течение 24 часов коэффициент αsувеличился на 9,6 % с 0,09 до 0,096 по сравнению с исходным, что меньше критерия стойкости к ВУФ-излучению.

Выводы. В ходе проведения исследований был выявлен характер изменения поверхностных совйств полимерных композитов на основе полиалканимида и кристаллического диоксида кремния до и после облучения ВУФ. Установлено, что микроскопия поверхности необработанного композита, характеризуются непрерывным распределением кристаллического SiO_2 по всему объему полиалканимидной матрицы, однако также наблюдается неоднородность распределения кристаллического SiO_2 неорганического

компонента в объеме композита. Хотя изображение СЭМ на показывает неоднородное распределение наполнителя из-за агломерации частиц, но никаких микротрещин или расколов обнаружено не было. После 24-часовой обработки ВУФ микроскопия поверхности практически не изменилась. Отчетливо видны границы кристаллического SiO_2, которые также покрыты полиалканимидом.

Таблица 1

Значения основных статистических параметров шероховатости поверхности исходного полимерного композита до и после облучения ВУФ

№ п/п	Наименование параметра шероховатости	Значение	
		До обработки ВУФ	После обработки ВУФ
1.	Объем выборки	65536	65536
2.	Максимум, нм	439	189
3.	Минимум, нм	0	0
4.	Пиковый пик, S_y, нм	439	189
5.	10 точек по высоте, S_z, нм	222	96
6.	Среднее, нм	294	128
7.	Средняя шероховатость, S_a, нм	20	11
8.	Второй момент	295	129
9.	Среднеквадратичная шероховатость, S_q, нм	28	15
10.	Поверхностная ассиметрия, S_{sk}, нм	-1,18	-0,34
11.	Коэффициент резкости пика, S_{ka}	7,7	2,5
12.	Энтропия	10,1	9,3

В работе показано, что изначальная поверхность композита достаточно гладкая и ровная, а шероховатость находится в нанодиапазоне. Изменение параметров шероховатости поверхности композита после обработки ВУФ указывает на травление поверхностного слоя, не затрагивающее нижние слои композита. Установлено, что ВУФ приводит к эффективной функционализации поверхностного слоя полимерного материала (65 % мас. наполнителя) и сглаживанию поверхности: средняя шероховатость уменьшается с 20 до 11 нм.

После облучения композита с 65 % содержанием наполнителя при температуре 125 °С в течение 24 часов интегральный коэффициент поглощения увеличился на 9,6 % с 0,09 до 0,096 по сравнению с исходным, что меньше критерия стойкости к ВУФ-излучению.

Источник финансирования. *Грант Российского научного фонда (проект №17-79-100750).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Koontz S., Leger L., Albyn K., Cross J. Vacuum ultraviolet radiation/atomic oxygen synergism in materials reactivity // Journal of Spacecraft and Rockets. 1990. Vol. 27. No. 3. Pp. 346–348. DOI:10.2514/3.26146.

2. Шувалов В.А., Письменный Н.И., Кочубей Г.С., Токмак Н.А. Потери массы полиимидных пленок космических аппаратов при воздействии атомарного кислорода и вакуумного ультрафиолетового излучения // Космические исследования. 2014. Т. 52. № 2. С. 106–112.

3. Lopaev D.V., Zyryanov S.M., Zotovich A.I., Rakhimova T.V., Mankelevich Y.A., Rakhimov A.T., Baklanov M.R. Synergistic effect of VUV photons and F atoms on damage and etching of porous organosilicate films // Plasma Processes and Polymers. 2018. Vol. 15. Is. 4, 1700213 DOI:10.1002/ppap.201700213.

4. Шувалов В.А., Токмак Н.А., Резниченко Н.П. Физическое моделирование воздействия атомарного кислорода и вакуумного ультрафиолета на полимеры в ионосфере Земли // Приборы и техника эксперимента. 2016. №3. С. 114–122. DOI:10.7868/S0032816216020269.

5. Новиков Л.С., Демидов В.А., Самохина М.С., Бедняков С.А., Гайдар А.И., Зайцев С.В., Черник В.Н. Исследование структуры нанокомпозитов на основе полимерных матриц // Труды 1-й всероссийской школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых «Функциональные наноматериалы для космической техники». 2010. С. 105–109.

6. Peng G., Hao W., Yang D., He S. Degradation of polyimide film under vacuum ultraviolet irradiation //Journal of Applied Polymer Science. 2004. No 94. pp. 1370-1374. DOI: 10.1002/app.20920.

7. Celina M.C., Dargaville T.R., Jones G.D., Elliott J.M. Verification and Operation of Adaptive Materials in Space. Prepared by Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico 87185 and Livermore, California 94550, 2006. 28 p.

8. Stiegman A.E., Liang R.H. Ultraviolet and Vacuum-Ultraviolet Radiation Effects on Spacecraft Thermal Control Materials. In: DeWitt R.N., Duston D., Hyder A.K. (eds) The Behavior of Systems in the Space Environment. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 245. Springer, Dordrecht,

1993. Pp. 259–266. DOI: 10.1007/978-94-011-2048-7_11.

9. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Методика прогнозирования работоспособности терморегулирующих покрытий космических аппаратов по результатам наземных испытаний // Неорганические материалы. 1994. Т. 30. № 2. С. 201–209.

10. Черкашина Н.И., Павленко А.В. Изменение оптических характеристик полимерного композиционного материала при радиационном воздействии // Журнал технической физики. 2018. Т. 88. Вып. 4. С. 587–591. DOI:10.21883/JTF.2018.04.45728.2237.

11. Михайлов М.М. Фотостойкость терморегулирующих покрытий космических аппаратов. Монография. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2007. 380 с.

12. Лапшин Р.В., Алехин А.П., Кириленко А.Г., Одинцов С.Л., Кротков В.А. Сглаживание наношероховатостей поверхности полиметилметакрилата вакуумным ультрафиолетом // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2010. № 1. С. 5–16.

13. Peng D., Qin W., Wu X. A study on resistance to ultraviolet radiation of POSS–TiO_2/epoxy nanocomposites // Acta Astronautica. 2015. No 111. pp. 84–88. DOI: 10.1016/j.actaastro.2015.02.004.

14. Chen J., Ding N., Li Zh.,Wang W. Organic polymer materials in the space environment // Progress in Aerospace Sciences. 2016. No 83. pp. 37-56. DOI: 10.1016/j.paerosci.2016.02.002.

15. Hashimoto Yu., Yamamoto T. Solid state direct bonding of polymers by vacuum ultraviolet light below 160 nm // Applied Surface Science. 2017. No 419. pp. 319–327. DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.04.032

16. Chapiro A. Radiation Effects in Polymers In book: Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Second Edition). Elsevier, Amsterdam, 2004. 1120 p. DOI: 10.1016/B0-08-043152-6/01918-5

17. Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Demkina L.N. Influence of Hydrothermal Treatment on Crystalline Form of SiO_2 Synthesized by Sol-Gel Method // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018. No 327. 052026.

18. Пыкин А.А., Постникова О.А., Солодухина М.Ю., Ефремочкин Р.А. Эффективность использования добавки нанодисперсного диоксида титана в качестве фотокаталитического покрытия на поверхности бетона // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №4-2(46). С. 155–159.

19. Гончаров В.Д., Новик А.А.Применение технологического ультразвука для производства ультрадисперсных материалов // Известия СпбГЭТУ ЛЭТИ. 2013. № 5. С. 98–103.

20. Manning A., Fricker A., Thompson R. The anomalous effect of high intensity ultrasound on paper fibre-filler combinations // Pigment and Resin Technology, 2009. Vol. 38 Is. 4. pp. 218–229. DOI: 10.1108/03699420910973305

21.Tanahashi M. Development of Fabrication Methods of Filler / Polymer Nanocomposites: With Focus on Simple Melt-Compounding Based Approach without Surface Modification of Nanofillers // Materials, 2010. No 3. Pp. 1593–1619. DOI:10.3390/ma3031593

22. Skurat V.E., Dorofeev Yu.I. The transformations of organic polymers during the illumination by 147.0 and 123.6 nm light. Macromolecular Materials and Engineering, 1994. No. 216. pp. 205–224. DOI: 10.1002/apmc.1994.052160114

23. Fozza A.C., Klemberg-Sapieha J.E., Wertheimer M.R. Vacuum Ultraviolet Irradiation of Polymers // Plasmas Polymers. 1999. No 4. pp. 183–206. DOI: 10.1023/A:1021853026619

Информация об авторах

Павленко Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор, директор химико-технологического института. E-mail: belpavlenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Черкашина Наталья Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии. E-mail: cherkashina.ni@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Манаев Владимир Алексеевич, научный сотрудник кафедры теоретической и прикладной химии. E-mail: xxi-vek.2015@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сидельников Роман Владимирович, студент (бакалавр) кафедры теоретической и прикладной химии. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Поступила в августе 2018 г.

© Павленко В.И., Черкашина Н.И., Манаев В.А., Сидельников Р.В., 2018

[1]Pavlenko V.I., [1,*]Cherkashina N.I., [1]Manaev V.A., [1]Sidelnikov R.V.
[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
*E-mail: cherkashina.ni@bstu.ru

THE CHANGES IN THE MORPHOLOGY AND THERMO-OPTICAL CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITE WITH CRYSTALLINE SILICA UNDER VACUUM-THERMAL EFFECT

Abstract. *The effect of vacuum ultraviolet (VUV) radiation on polymer composites based on polyalkanimide with crystalline silicon dioxide is studied in this work. The changes in the morphology and thermos-optic characteristics of the polymer composite under vacuum-thermal influence are considered. The irradiation of polymer composite samples by vacuum ultraviolet radiation is carried out in a specialized facility for testing polymer composite samples in conditions close to the near-Earth space. The microscopy of the polymer composite surface by scanning electron microscope and atomic probe force microscopy is studied before and after the VUV irradiation. It is established that microscopy of the raw composite's surfaces are characterized by a continuous distribution of SiO_2 in the entire volume of polyalkylimide matrix, also non-uniform distribution of SiO_2 inorganic component in the volume of the composite is observed. After a 24-hour VUV treatment, the surface microscopy remained practically unchanged. The boundaries of SiO_2 are clearly visible and covered with polyalkanimide. The initial surface of the composite is quite smooth, even; the roughness is in the nanoscale. It is found that the VUV leads to an effective functionalization of the surface of the polymer material (65 % by weight filling) and smoothing of the surface: the average roughness decreases from 20 to 11 nm. A change in the surface roughness parameters after VUV treatment indicates etching of the surface that does not affect the lower layers of the composite. After irradiation of the composite with 65 % filler content at 125 °C for 24 hours, the integral absorption coefficient increases by 9.6 % from 0.09 to 0.096 compared to the original, which is less than the criterion of resistance to VUV radiation.*

Keywords: *vacuum ultraviolet, polymeric comoposite, crystalline SiO_2, probe microscopy, roughness.*

REFERENCES

1. Koontz S., Leger L., Albyn K., Cross J. Vacuum ultraviolet radiation/atomic oxygen synergism in materials reactivity. Journal of Spacecraft and Rockets, 1990, vol. 27, no. 3. pp. 346-348. DOI:10.2514/3.26146

2. Shuvalov V.A., Pismenny N.I., Kochubei G.S., Tokmak N.A. Loss of mass of polyimide films of space vehicles under the influence of atomic oxygen and vacuum ultraviolet radiation. Cosmic Investigations, 2014, vol. 52, no. 2, pp. 106–112.

3. Lopaev D.V., Zyryanov S.M., Zotovich A.I., Rakhimova T.V., Mankelevich Y.A., Rakhimov A.T., Baklanov M.R. Synergistic effect of VUV photons and F atoms on damage and etching of porous organosilicate films. Plasma Processes and Polymers, 2018, vol. 15, is. 4, 1700213 DOI:10.1002/ppap.201700213.

4. Shuvalov V.A., Tokmak N.A., Reznichenko N.P. Physical modeling of the effect of atomic oxygen and vacuum ultraviolet on polymers in the Earth's ionosphere. Appliances and experimental technique, 2016, no 3. pp. 114-122.DOI: 10.7868 / S0032816216020269.

5. Novikov L.S., Demidov V.A., Samokhina M.S., Bednyakov S.A., Gaidar A.I., Zaitsev S.V., Chernik V.N. Investigation of the structure of nanocomposites based on polymer matrices. Proceedings of the 1 st all-Russian school-seminar of students, graduate students and young scientists "Functional nanomaterials for space technology", 2010, pp. 105–109.

6. Peng G., Hao W., Yang D., He S. Degradation of polyimide film under vacuum ultraviolet irradiation. Journal of Applied Polymer Science, 2004, no. 94, pp. 1370–1374. DOI: 10.1002/app.20920.

7. Celina M.C., Dargaville T.R., Jones G.D., Elliott J.M. Verification and Operation of Adaptive Materials in Space. Prepared by Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico 87185 and Livermore, California 94550, 2006, 28 p.

8. Stiegman A.E., Liang R.H. Ultraviolet and Vacuum-Ultraviolet Radiation Effects on Spacecraft Thermal Control Materials. In: DeWitt R.N., Duston D., Hyder A.K. (eds) The Behavior of Systems in the Space Environment. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 245. Springer, Dordrecht, 1993, pp. 259-266. DOI: 10.1007/978-94-011-2048-7_11.

9. Mikhailov M.M., Dvoretsky M.I. A technique for predicting the operability of thermoregulatory coatings of spacecrafts based on the results of ground tests. Inorganic Materials, 1994, vol. 30, no. 2, pp. 201-209.(In Russian)

10. Cherkashina N.I., Pavlenko A.V.Changes in the optical characteristics of a polymer composite material under radiation exposure. Journal of Technical Physics, 2018, vol. 88, no. 4, pp. 587–591. DOI: 10.21883 / JTF.2018.04.45728.2237.

11. Mikhailov M.M. Photostability of

thermoregulatory coatings of space vehicles. Monograph. Tomsk: Publishing house of Tomsk University, 2007, 380 p.

12. Lapshin R.V., Alekhin A.P., Kirilenko A.G., Odintsov S.L., Krotkov V.A. Smoothing of the surface roughness of polymethyl methacrylate by vacuum ultraviolet. Surface. X-ray, synchrotron and neutron studies, 2010, no. 1, pp. 5–16.

13. Peng D., Qin W., Wu X. A study on resistance to ultraviolet radiation of POSS–TiO_2/epoxy nanocomposites. Acta Astronautica, 2015, no. 111, pp. 84–88. DOI: 10.1016/j.actaastro.2015.02.004.

14. Chen J., Ding N., Li Zh.,Wang W. Organic polymer materials in the space environment. Progress in Aerospace Sciences, 2016, no. 83, pp. 37-56. DOI: 10.1016/j.paerosci.2016.02.002.

15. Hashimoto Yu., Yamamoto T. Solid state direct bonding of polymers by vacuum ultraviolet light below 160 nm. Applied Surface Science, 2017, no. 419, pp. 319–327. DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.04.032

16. Chapiro A. Radiation Effects in Polymers In book: Encyclopedia of Materials: Science and Technology (Second Edition) Elsevier, Amsterdam, 2004, 1120 p. DOI: 10.1016/B0-08-043152-6/01918-5.

17. Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Demkina L.N. Influence of Hydrothermal Treatment on Crystalline Form of SiO_2 Synthesized by Sol-Gel Method. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018, no. 327, 052026.

18. Pykin A.A., Postnikova O.A., Solodukhina M.Yu., Efremochkin R.A. Efficiency of the use of the addition of nanodispersed titanium dioxide as a photocatalytic coating on the concrete surface. International Scientific and Research Journal, 2016. no. 4-2 (46), pp. 155–159.

19. Goncharov V.D., Novik A.A. Application of technological ultrasound for the production of ultradispersed materials. Izvestiya SPbGETU LETI, 2013, no. 5, pp. 98–103.

20. Manning A., Fricker A., Thompson R. The anomalous effect of high intensity ultrasound on paper fibre - filler combinations. Pigment and Resin Technology, 2009, vol. 38, is. 4, pp. 218–229, DOI: 10.1108/03699420910973305.

21.Tanahashi M. Development of Fabrication Methods of Filler / Polymer Nanocomposites: With Focus on Simple Melt-Compounding Based Approach without Surface Modification of Nanofillers. Materials, 2010, no. 3, pp. 1593–1619. DOI:10.3390/ma3031593

22. Skurat V.E., DorofeevYu.I. The transformations of organic polymers during the illumination by 147.0 and 123.6 nm light. Macromolecular Materials and Engineering,1994, no. 216, pp. 205–224. DOI: 10.1002/apmc.1994.052160114

23. Fozza A.C., Klemberg-Sapieha J.E., Wertheimer M.R. Vacuum Ultraviolet Irradiation of Polymers. Plasmas Polymers, 1999, no. 4. pp. 183-206. DOI: 10.1023/A:1021853026619

Information about the authors

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

Cherkashina, Natalia I. PhD, Assistant professor. E-mail: cherkashina.ni@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Manaev, Vladimir A. Researcher. E-mail: xxi-vek.2015@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

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

Received in August 2018

Для цитирования:

Павленко В.И., Черкашина Н.И., Манаев В.А., Сидельников Р.В. Изменение морфологии и термооптических характеристик композита с кристаллическим диоксидом кремния при вакуумно-тепловом воздействии // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 83–90. DOI: 10.12737/article_5bf7e356b23403.63058557

For citation:

Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Manaev V.A., Sidelnikov R.V. The changes in the morphology and thermo-optical characteristics of the composite with crystalline silica under vacuum-thermal effect. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 83–90. DOI: 10.12737/article_5bf7e356b23403.63058557

DOI: 10.12737/article_5bf7e3572873a5.94360721

[1]Кочергин Ю.С., [1,]*Золотарева В.В.

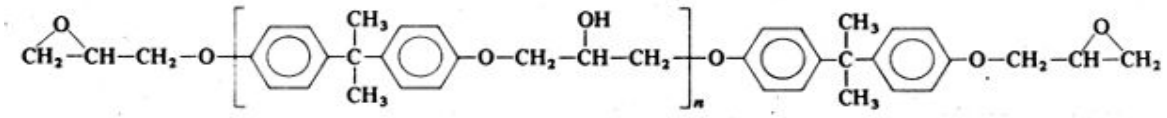
[1]Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского
Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31
**E-mail: viktoria802@gmail.com*

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИГЛИЦИЛОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА И ДИФЕНИЛОЛПРОПАНА

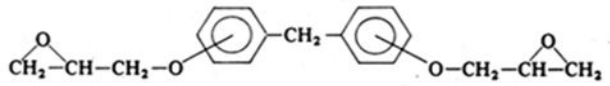
Аннотация. *Проведено сравнительное исследование комплекса физико-химических, деформационно-прочностных и адгезионных свойств эпоксидных композиционных материалов на основе дифенилолметана и дифенилопропана. Установлено, что полимеры на основе дифенилолметана превосходят аналоги на основе дифенилолпропана по уровню прочности при растяжении, деформации при разрыве, водостойкости, адгезионной прочности при сдвиге и отрыве при близких значениях теплостойкости и модуля упругости. Наблюдаемый эффект объяснен явлением антипластификации в результате взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора, функцию которого выполняют непрореагировавшие части эпоксидной смолы и отвердителя.*

Ключевые слова: *диглицидиловые эфиры дифенилолметана и дифенилолпропана, отвердитель, эпоксидный композиционный материал, физико-механические и адгезионные свойства.*

Введение. Эпоксидные смолы (ЭС), благодаря сочетанию высоких механических свойств и адгезии ко многим субстратам, представляют особый класс материалов с очень широкими возможностями их применения [1–6]. В настоящее время большинство производимых ЭС получают путем химического взаимодействия эпихлоргидрина с бисфенолом А (другие названия дифенилолпропан и диан). Эти смолы (в отечественной практике они называются диановыми в честь русского химика А. Н. Дианина, который первым получил дифенилолпропан в 1891 г) общей формулы:



отличаются сравнительно высокой вязкостью. Для ее снижения требуется введение в диановую смолу активных разбавителей или растворителей, которые характеризуются повышенной токсичностью и летучестью. Для преодоления этого недостатка были синтезированы ЭС на основе дифенилолметана (бисфенола F):



Они отличаются меньшей вязкостью и лучшей текучестью, что исключает применение разбавителей, а следовательно, позволяет получать полимерные композиционные материалы с улучшенными технологическими и экологическими свойствами для различных отраслей народного хозяйства. В частности, в строительстве они применяются в составах для покрытия полов, адгезивов, сухих строительных смесей и пр. В настоящее время производство этих смол осуществляется мировыми лидерами – компаниями «Dow Epoxy», «Resolution Europe BV», «Nan Ya Plastics Corporation». Отечественные смолы на основе бисфенола F синтезированы только в последнее время в ГП «УкрНИИпластмасс» (г. Донецк). Ранее [7] нами описаны свойства полимеров на основе дифенилолметана в зависимости от молекулярной массы смолы (то есть длины молекулы олигомера).

В продолжение работ в данном направлении целью настоящей работы является сравнительное исследование композиционных материалов на основе эпоксидированных производных дифенилолметана (ДФМ) и дифенилолпропана (ДФП).

Методология. В работе использованы смолы на основе дифенилолметана марок ЭДФМ-22 и ЭДФМ-24 и их ближайшие аналоги на основе дифенилолпропана (соответственно смолы марок ЭД-22 и ЭД-24), а также импортная смола на основе дифенилолметана марки NPEF-170 производства тайваньской компании «NAN YA». Физико-химические свойства смол представлены в табл. 1. Из нее видно, что отечественные продукты на основе ДФМ отличаются существенно меньшим содержанием вредного хлора по сравнению со смолами на основе ДФП и практически не уступают по этому показателю импортной смоле. По другим показателям (содержанию эпоксидных групп и динамической вязко-

сти) смола ЭДФМ-24 также сопоставима со смолой NPEF-170. В качестве отверждающих агентов использовали триэтилентетраминометилфенол (продукт УП-583Т) и триэтилентетрамин (ТЭТА), которые вводили в стехиометрическом соотношении.

Таблица 1

Свойства эпоксидных смол на основе ДФМ и ДФП

Показатели	ЭДФМ-22	ЭДФМ-24	NPEF-170	ЭД-22	ЭД-24
Содержание хлора, %	0,20	0,18	0,15	0,4	0,4
Содержание эпоксидных групп, %	22,2	24,9	23,8–26,7	22,7	24,5
Динамическая вязкость при 25 °С, Па·с	15,4	4,1	2,0–5,0		7,0

В работе использовали следующие методы исследования. Относительную реакционную способность глицидиловых эфиров ДФМ и ДФП оценивали по времени гелеобразования ($\tau_{гел}$) методом сканирующей микрокалориметрии [8]. Величину $\tau_{гел}$ определяли визуальным методом с точностью ± 1мин в стеклянной пробирке, помещенной в воздушный термостат типа ТК-400, в котором заданная температура поддерживалась с точностью ±0,5 °С. Энергию активации (E_a) процесса отверждения эпоксидной композиции оценивали по углу наклона кривой зависимости lg (1/ $\tau_{гел}$) – (1/T). Микрокалориметрические исследования проводили на калориметре типа Кальве при скорости повышения температуры 0,7 град/мин и навеске образца ~ 0,5 г. При этом в качестве эталона использовали силиконовую жидкость. Разрушающее напряжение при растяжении ($\sigma_р$) и относительное удлинение при разрыве ($\varepsilon_р$) пленочных образцов толщиной 100–150 мкм. измеряли на динамометре типа Поляни. Модуль упругости при растяжении ($E_в$) рассчитывали по углу наклона начального участка кривой растяжений. Мерой работы разрушения ($A_р$) служила площадь под кривой нагрузка – удлинение. Температуру стеклования ($T_с$) определяли при постоянном растягивающем напряжении. 1,5 МПа по известной методике [9]. Сопротивление сдвигу ($\tau_{сд}$) клеевых соединений оценивали по ГОСТ 14759-69, сопротивление отрыву ($\sigma_{отр}$) – по ГОСТ 14760-69. Степень отверждения композиций определяли методом экстрагирования в ацетоне в аппарате Сокслета. Водопоглощение оценивали по приращению массы пленочных образцов после их выдержки в воде в течении 24 ч. Динамический модуль сдвига (G') и тангенс угла механический потерь (tgδ) образцов размером 35x10x0,5 мм измеряли с помощью обратного крутильного маятника типа МК-1 в интервале температур от минус 100 до плюс 120 °С.

Основная часть. Как следует из данных табл. 2, полимеры на основе ДФМ превосходят диановые (при примерно равном содержании эпоксидных групп) по значениям $\sigma_р$, $\varepsilon_р$ и адгезионной прочности $\tau_в$ и $\sigma_в$ при близких значениях модуля упругости и температуры стеклования.

Таблица 2

Свойства эпоксидных полимеров*

Показатели	ЭДФМ-22	ЭД-22	ЭДФМ-24	ЭД-24	NPEF-170
$\sigma_р$, МПа	67,4 / 89,0	51,9 / 60,7	64,0 / 73,1	43,2 / 59,1	50,5 / 59,9
$\varepsilon_р$, %	10,6 / 10,2	4,6 / 7,6	8,4 / 10,6	6,8 / 8,9	7,7 / 9,3
E, ГПа	1,33 / 1,36	1,31 / 1,32	1,20 / 1,39	1,23 / 1,10	1,21 / 1,30
$T_с$, °С	56 / 111	58 / 113	52 / 112	54 / 116	56 / 108
$\tau_в$, МПа	19,6 / 21,4	13,6 / 19,4	20,3	15,7	21,2
$\sigma_в$, МПа	44,6	29,7	35,5	28,3	
W, %	-	-	1,2 / 2,3	3,2 / 3,0	1,5 / 2,5
α, %	-	-	77,2 / 89,3	87,1 / 98,7	83,4 / 92,1
ρ, кг/м^3	1220	1180	1250	1205	1245

Примечание. В числителе приводятся значения показателей образцов, отвержденных по режиму 25 °С/240 ч, в знаменателе – по режиму 25 °С/72 ч + 120 °С/3 ч.

*Отвердитель ТЕТА.

Что касается полноты отверждения, то для диановых смол она выше как при отверждении без подвода тепла, так и после термообработки. Причина этого, по-видимому, заключается в различной реакционной способности диглицидиловых эфиров ДФМ, которые, как показано нами ранее [7], являются либо продуктами смешения индивидуальных глицидиловых эфиров ДФМ, либо получены синтезом эпоксидных олигомеров из смеси *о,п'*-, *о,о'*-, и *п,п'*-изомеров ДФМ, взятых в том же массовом соотношении, что и глицидиловые производные 49:13:38 соответственно. Вследствие этого после полимеризации более реакционноспособных изомеров из-за значительного увеличения вязкости после прохождения точки геля реакция отверждения менее реакционноспособных изомеров затрудняется. По всей видимости непрореагировавшие части смолы и отвердителя выполняют функции антипластификатора, что обусловливает, с одной стороны, большие значения σ_p, и Е (в результате усиления взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора [10]), а с другой – меньшее значение T_c для отвержденных смол ДФМ по сравнению с диановыми. Еще одним подтверждением эффекта антипластификации может служить более высокая плотность ρ полимеров на основе ДФМ (см. табл. 2).

Как известно [10–16], физическая сущность пластификации заключается в повышении подвижности макромолекул полимеров, вследствие ослабления межмолекулярных физических связей, ограничивающих кинетическую гибкость цепей блокированием полярных групп молекулами пластификатора, или вследствие разделения ими цепей или агрегатов макромолекул [10–14]. Поэтому пластификаторы, как правило, снижают модуль упругости, механическую прочность и несколько увеличивают разрывное удлинение полимеров в стеклообразном состоянии. Обратный эффект изменения этих показателей при введении значительных доз (10–30 %) пластификаторов получил по предложению Джексона и Колдуэлла [14] название «антипластификация».

Основным и необходимым признаком антипластификации, по мнению авторов термина, является одновременное повышение модуля упругости и прочности стеклообразного полимера при монотонном снижении T_c. Исходя из этого, понятие антипластификации сводится, прежде всего, к механическим аномалиям, хотя вполне очевидно, что это «прикладное» определение отражает лишь конечный результат изменения термодинамических и структурных параметров системы «полимер-пластификатор» и не раскрывает сути антипластификации, как физического явления. Анализ работ, посвященных «эффектам малых добавок» пластификаторов [10–16], а также непосредственно антипластификации [14, 15] приводит к следующим выводам:

а) антипластификация проявляется только в стеклообразных системах «полярный полимер – полярный пластификатор» при наличии их хорошей совместимости, причем максимум эффекта достигается при 20–40 %-ной концентрации, свыше которой, как при обычной пластификации, начинается снижение прочности и модуля упругости стеклообразного полимера;

б) температура стеклования при антипластификации линейно убывает с ростом концентрации добавок;

в) один и тот же пластификатор в зависимости от концентрации и температуры может оказывать различное действие на полимер: при постоянном содержании добавки понижение температуры приводит к переходу от пластификации к антипластификации, а при постоянной температуре к такому изменению приводит уменьшение концентрации;

г) величина антипластифицирующего эффекта зависит от химического строения молекул пластификатора.

Из этого следует, что деление на пластификаторы и «антипластификаторы» весьма условно и антипластификация является скорее закономерным эффектом обычной пластификации полярных полимеров, чем аномальным фактом.

Эпоксиполимеры на основе ДФМ намного превосходят диановые по работоспособности при низких температурах (см. табл. 3). Эффект возрастает с уменьшением температуры. Так, если при комнатной температуре σр, полимеров на базе СБФ-22 больше, чем ЭД-22, в 1,12 раза, то при -60 °С различие составляет 1,44, а при минус 120 °С 1,78 раза. Благодаря более высоким прочностным и деформационным показателям полимеры на основе ДФМ во всем исследованном интервале стеклообразного состояния (от –120 до +80 °С) характеризуются существенно большим значением работы разрушения и с учетом хорошей корреляции Ар и ударопрочности [17, 18] имеют лучшую работоспособность при динамическом нагружении.

Зависимость $\tau_{гел}$ от температуры для всех исследованных композиций имеет практически линейный характер и может быть с достаточно высокой точностью описана соотношением:

$$\tau_{гел}=10^{(A-B\cdot T)}, \quad (1)$$

где Т – абсолютная температура, А и В – постоянные.

Таблица 3

Зависимость свойств эпоксидных полимеров от температуры испытания*

Параметры	Марка смолы	Температура стеклования, °С				
		-120	-60	20	80	150
$\sigma_р$, МПа	ЭДФМ-22	91,0	72,6	63,2	4,9	1,7
	ЭД-22	50,8	50,7	56,6	5,6	1,9
	ЭДФМ-24	105,6	89,1	64,2	8,9	1,8
$\varepsilon_р$, %	ЭДФМ-22	4,8	5,2	6,6	8	12,1
	ЭД-22	3,8	4,2	5,8	39,1	11,8
	ЭДФМ-24	6,2	6,4	6,5	47,9	14,8
Е, ГПа	ЭДФМ-22	2,60	2,18	1,53	0,05	0,007
	ЭД-22	2,24	2,15	1,35	0,26	0,015
	ЭДФМ-24	2,01	1,78	1,56	0,46	0,012
$\sigma_{ост}$, МПа	ЭДФМ-22		22,8	0,8	-	-
	ЭД-22	52,6	26,3	0,8	-	-
	ЭДФМ-22	48,3	26,2	0,8	-	-
$А_р$, кДж/м^2	ЭДФМ-22	3,10	2,60	2,78	3,05	0,15
	ЭД-22	1,35	1,52	2,31	1,75	0,17
	ЭДФМ-24	4,51	3,99	2,90	2,98	0,20

*Отвердитель УП-583 Т, режим отверждения 25 °С/24 ч. + 80 °С/6 ч.

Расчет с помощью этого соотношения значений А и В позволяет сопоставить относительную реакционную способность различных композиций при любой температуре. Видно (табл.4), что реакционная способность композиций изменяется в зависимости от температуры. Так, при 20 °С время гелеобразования $\tau_{гел}$ композиции на основе смол ЭДФМ-22 и ЭДФМ-24 с отвердителем ТЭТА примерно в 1,5 раза ниже, чем у их аналогов на основе смол ЭД-22 и ЭД-24 соответственно. При 60 °С величина $\tau_{гел}$ не зависит от химической природы смолы и типа отвердителя и характеризуется одним и тем же временем гелеобразования.

Относительную реакционную способность эпоксидных композиций можно оценить не только по величине $\tau_{гел}$ и $Е_а$, но и по значениям параметров А и В. Наибольший интерес с практической точки зрения представляют композиции с достаточно высокими значениями В (относительно величины А), поскольку, как известно [19, 20], такие композиции обладают длительной жизнеспособностью при температуре переработки (в нашем случае 20–60 °С), а при более высоких температурах процесс их отверждения протекает с максимальной скоростью.

Таблица 4

Реакционная способность эпоксидных смол

Марка смол	$Е_а$, кДж/моль	А	В · 10^4	$\tau_{тел}$, мин	
				При 20 °С	При 60 °С
ЭД-22	65,43 / 69,17	12,83 / 13,42	359 / 383	139 / 182	12 / 4
ЭДФМ-22	82,12 / 67,46	14,73 / 13,14	430 / 376	135 / 133	3 / 4
ЭДФМ-24	48,60 / 75,00	9,19 / 14,43	250 / 417	73 / 163	7 / 4
ЭД-24	43,99 / 83,80	8,63 / 15,91	225 / 461	109 / 253	14 / 4

Примечание: числитель – отвердитель УП-583Т, знаменатель – ТЭТА

Микрокалориметрические исследования показали, что отверждение смолы ЭДФМ-24 и ее эпоксидианового аналога ЭД-24 в присутствии ТЭТА (рис. 1, кривые 1 и 2) сопровождается выделением практически одинакового количества тепла (Q), тогда как при использовании отвердителя УП-583Т (рис. 1, кривые 1’ и 2’) экзотермический эффект реакции отверждения композиции на основе смолы ЭДФМ-24 значительно выше.

В заключение рассмотрим динамические механические свойства исследуемых смол. Из рис. 2 видно, что на температурных зависимостях тангенса угла механических потерь наблюдаются два максимума. Первый, более интенсивный максимум (α-переход), связанный с расстеклованием полимера в результате кооперативного движения сегментов макромолекул, проявляется при тем-

пературах выше 100°С. Температура этого перехода хорошо коррелирует с температурой стеклования, определенной из термомеханических исследований (табл. 2). Второй, намного меньший по интенсивности, низкотемпературный максимум (так называемый β-переход) наблюдается при температурах вблизи -65 °С. Его проявление обычно связывают с движением небольших участков макромолекулярной цепи вблизи узлов химической сетки. Меньшая величина β-пика для смолы на основе ДФМ (0,062 против 0,099 для эпоксидиановой смолы) и несколько большая температура, при которой он проявляется (-60 против -70 °С для дианового аналога), могут быть обусловлены ограничениями в молекулярной подвижности, налагаемыми более плотной сеткой физических связей. По величине динамического модуля сдвига G' композиты на основе диглицидилового эфира ДФМ имеют ощутимое преимущество перед смолами на основе ДФП особенно при отрицательных температурах (рис. 3).

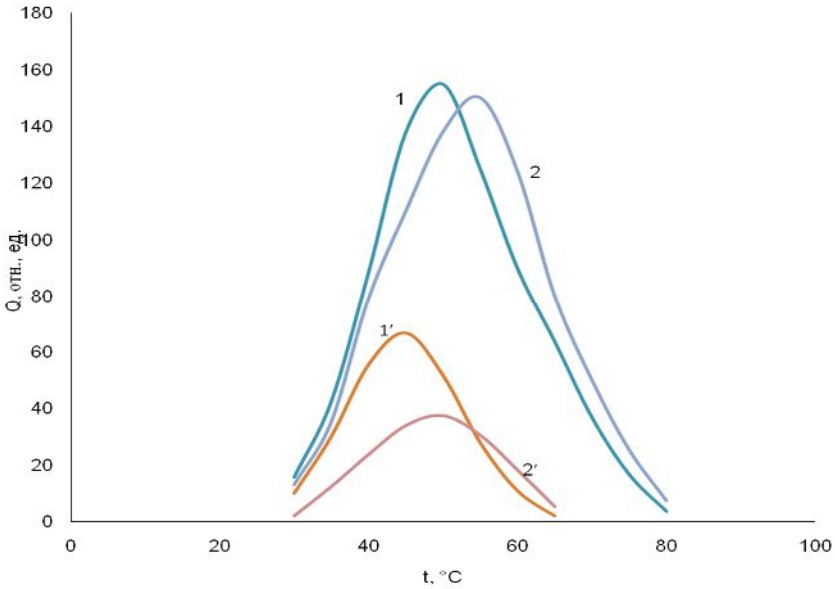


Рис. 1. Зависимость скорости тепловыделения от температуры при отверждении композиций на основе смол ЭДФМ-24 (1, 1') и ЭД-24 (2, 2') в присутствии отвердителей ТЭТА (1, 2) и УП-583Т (1', 2')

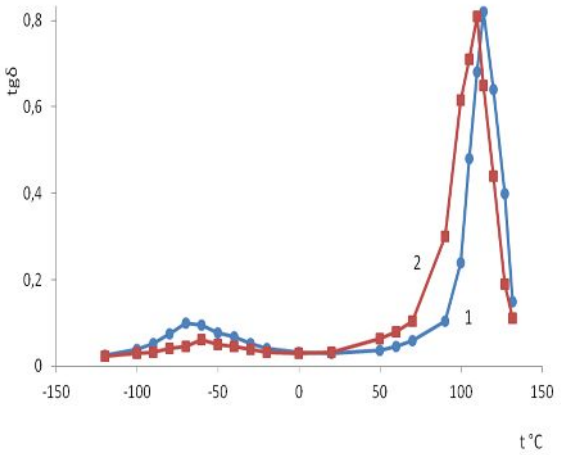


Рис. 2. Температурные зависимости тангенса угла механических потерь tgδ для эпоксидных полимеров на основе ЭД-24 (1) и ЭДФМ-24 (2), отвержденных ТЭТА по режиму 25 °С/24 ч. + 80 °С/6

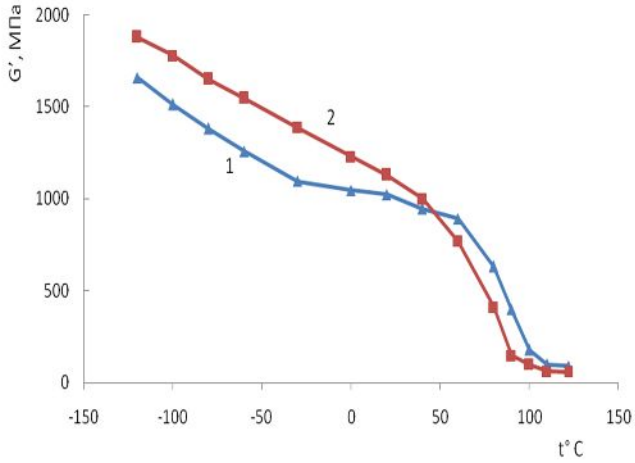


Рис. 3. Температурные зависимости динамического модуля сдвига G' для эпоксидных полимеров на основе ЭД-24 (1) и ЭДФМ-24 (2), отвержденных ТЭТА по режиму 25 °С/24 ч. + 80 °С/6 ч.

Выводы. Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о целесообразности применения диглицидиловых эфиров дифенилолметана для получения композиционных материалов с повышенным комплексом физико-механических и адгезионных свойств взамен традиционных эпоксидных смол на основе дифенилолпропана или в качестве упрочняющего компонента в сочетании с ними.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ли Х., Невилл К.Справочное руководство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. 416 с.

2. Мошинский Л.Я. Эпоксидные смолы и отвердители. Тель-Авив: Аркадия Пресс Лтд., 1995. С. 40 – 142.

3. Еселев А.Д. , Бобылев В.А. Сырьевая база клеев и лакокрасочных материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. № 4. С. 25 – 31.

4. Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие / под ред. А.А. Берлина. СПб.: Профессия, 2008. 560 с.

5. Князев В.К. Эпоксидные конструкционные материалы в машиностроении. М.: Машиностроение, 1977. 183 с.

6. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 1/ Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; Под ред. Б.Э. Геллера. М.: Машиностроение, 1988. 448 с.

7. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Свойства композитов на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 96–101.

8. Пактер М.К., Парамонов Ю.М., Яровая Е.П. и др. Физико-химическая характеристика эпоксифенольных олигомеров и полимеров на их основе // Пластические массы. 1984. № 5. С. 34–37.

9. Кочергин Ю.С., Аскадский А.А., Слонимский Г.Л. и др. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиарилатов и эпоксидных полимеров // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1978. Т. 20, № 4. С. 880–887.

10. Козлов П.В., Ефимов А.В. Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т2. С. 627–633.

11. Козлов П.В., Папков С.П. Физико-химические основы пластификации полимеров. М.: Химия, 1982. 224 с.

12. Барштейн Р.С., Кириллович В.И., Носовский Ю.Е. Пластификаторы для полимеров. М.: Химия, 1982. 216 с.

13. Козлов П.В., Ефимов А.В. Пластификация // Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 2. С. 627–633.

14. Jackson W.J., Caldwell J.R. Antiplasticization. II. Characteristics of plasticizers // J. Appl. Polymer Scince. 1967. Vol. 11, №2. P.211–227.

15. Ефимов А.В., Козлов П.В., Бакеев Н.Ф. Явление пластификации и антипластификации в полимерных стеклах // Докл. АН СССР. 1974. Т. 230, № 3. С. 639–641.

16.Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров.Казань: Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. 446 с.

17.Бакнелл К.Б. Ударопрочные пластики. Пер. с англ. Под ред. И.С. Лишанского. Л.: Химия, 1981. 327 с.

18. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В. Эпоксидные смолы и клеевые композиции. Киев: Наукова думка, 1990. 200с.

19. Иржак В.И., Розенберг Б.А., Ениколопян Н.С. Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства. М.: Наука, 1979. 248с.

20. Пактер М.К., Полянский А.А., Будник Ю.М. О структурных особенностях эпоксидно-диановых олигомеров // Синтез, свойства и методы исследования реакционноспособных олигомеров: Сб. науч. тр. М.: НИИТЭХИМ, 1985. С. 3–10.

Информация об авторах

Кочергин Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры общеинженерных дисциплин. E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31.

Золотарева Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров. E-mail: viktoria802@gmail.com. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., 2018

[1]Kochergin Y.S., [1,]*Zolotareva V.V.
[1]Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky
Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31
*E-mail: viktoria802@gmail.com

COMPARATIVE STUDY OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON DIGLYCYLIC DERIVATIVES OF DIPHENYLMETHANE AND DIPHENYLPROPANE

Abstract. *A comparative study of physico-chemical, strength and adhesive characteristic of epoxy materials based on diphenylmetane and diphenylpropane is conducted. It is found that diphenylmethane polymers outstrip diphenylpropane analogues, according to a degree of tensile strength, deformation at break, water resistance, adhesive strength of shift and tear at similar values of heat resistance and elastic module. The observed effect is explained by the antiplasticization in result of polar group interaction of the polymer and antiplasticizers, whose function is performed by the unreacted parts of the epoxy resin and the hardener.*

Keywords: *diglycidyl ethers of diphenylmethane and diphenylpropane, hardener, epoxy composite material, physico-mechanical and adhesive properties.*

REFERENCES

1. Lee H., Neville K. Handbook of epoxy resins. Moscow: Energy, 1973, 415 p.
2. Moshinsky L.Ya. Epoxy resins and hardeners. Tel Aviv: Arcadia Press Ltd.. 1995, pp. 40–142.
3. Eselev A.D., Bobylev V.A. resources of adhesives and coating materials. Klei. Sealants. Technologies, 2012, no. 4, pp. 25–31.
4. Kerber M.L., Vinogradov V.M., Golovkin G.S. et al. Polymer composite materials: structure, properties, technology: textbook edited by A. A. Berlin. SPb.: Profession, 2008, 560 p.
5. Knyazev V.K. Epoxy construction materials in mechanical engineering. Moscow: Mechanical Engineering, 1977, 183 p.
6. Handbook of composite materials: in 2 b., B. 1/ Under the editorship of John Lubin; Trans. from English A. B. Heller, M. Gelmont; ed. by B. E. Geller. Moscow: Mechanical Engineering, 1988, 448 p.
7. Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V. Properties of composites on the basis diglycidyl ethers difenylolmethane. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov, 2018, no. 4, pp. 96–101.
8. Pakter M.K., Paramonov Yu.M., Yarovaya E.P. et al. Physico-chemical characterization epoxyphenolic oligomers and polymers on their basis. Plastic masses, 1984, no. 5, pp. 34–37. Kochergin Yu.S., Askadsky A.A., Slonimsky G. L. et al. Study of creep in linear and reticulated polymers based polyarylates and epoxy polymers. High molecular compounds. Series A, 1978, vol. 20, no. 4, pp. 880–887.
9. Kozlov P.V., Efimov A.V. Encyclopedia of polymers. Moscow: Soviet encyclopedia, 1974, vol. 2, pp. 627–633.
10. Kozlov P.V., Papkov S.P. Physical and chemical bases of polymer plasticization. M.: Chemistry, 1982, 224 p.
11. Barstein R.S., Kirillovich V.I., Nosovskii Yu.Ye. Plasticizers for polymers. M.: Chemistry. 1982, 216 p.
12. Kozlov P.V., Efimov A.V. Plasticization. Encyclopedia of polymers. Moscow: Soviet encyclopedia, 1974, vol. 2, pp. 627–633.
13. Jackson W.J., Caldwell J.R. Antiplasticization. II. Characteristics of plasticizers. J. Appl. Polymer Scince, 1967, vol. 11, no. 2, pp. 211–227.
14. Efimov A.V., Kozlov P.V., Bakeev N.F. Plasticization and antiplasticization phenomenon in polymer glasses. Reports USSR Academy of sciences, 1974, vol. 230, no. 3, pp. 639–641.
15. Khozin V.G. Strengthening of epoxy polymers. Kazan: Publishing PIK "House of press". 2004, 446 p.
16. Bucknall C.B. Impact-resistant plastics. Trans. from English. Under the editorship of I.S. Lishanskogo. L.: Chemistry, 1981, 327 p.
17. Zaitsev Yu.S., Kochergin Yu.S., Pakter M.K., Kucher R.V. Epoxy resin and adhesive composition. Kyiv: Naukova Dumka. 1990, 200 p.
18. Irzhak V.I., Rozenberg B.A., Enikolopyan N.S. Mesh polymers. Synthesis, structure, properties. Moscow: Science, 1979, 248p.
19. Pakter M.K., Polyansky A.A., Budnik Yu.M. On structural features of epoxy-diane oligomers. Synthesis, properties and methods of investigation of reactive oligomers: Collection of proceedings. Moscow: NIITECHIM. 1985, pp. 3–10.

Information about the authors
Kochergin, Yuri S. PhD, Professor. E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31.

Zolotareva, **Victoriya V.** PhD, Assistant professor Department of Commodity Science and Expertise of Non-Food Products. E-mail: viktoria802@gmail.com. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31.

Received in Sebtember 2018

Для цитирования:
Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Сравнительное исследование композиционных материалов на основе диглициловых производных дифенилолметана и дифенилолпропана // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 91–98. DOI: 10.12737/article_5bf7e3572873a5.94360721

For citation:
Kochergin Y.S., Zolotareva V.V. Comparative study of composite materials based on diglycylic derivatives of diphenylmethane and diphenylpropane. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 91–98. DOI: 10.12737/article_5bf7e3572873a5.94360721

DOI: 10.12737/article_5bf7e357aa4f11.67674617

[1,*]Ключникова Н.В., [2]Генов И., [1]Кудина А.Е.
[1]*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
[2]*Фонд науки и образования.*
Болгария, г. Бургас, ул. Оборище, 21
**E-mail: 4494.55@vail.ru*

ПОЛИМЕРНОЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО ДЛЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. *Поверхностно-активные вещества (ПАВ), используемые в нефтедобывающей промышленности в качестве эмульгаторов обратной эмульсии, являются одним из очень важных направлений, так как они применяются при таких технологических процессах, как вторичное вскрытие продуктивного пласта, глушение скважин перед подземными ремонтами, обработка призабойной зоны скважин и ограничение водопритоков. Агрегатную устойчивость эмульсии позволяют повысить эмульгаторы. Происходит это за счет образования прочной полимерной пленки вокруг капель в системе вода-нефть, что делает ее более стабильной. В качестве полимерной основы особый интерес для ПАВ представляют ксилол-формальдегидные смолы благодаря их высоким молекулярным массам и реакционной способности. Ранее использовалось в поверхностно-активных веществах дорогое сырье для применения, такие как антипирин, который нужен был для придания свойств гидрофильной составляющей. Для того чтобы удешевить продукт, в данной работе был использован сходный по характеристикам и строению 4-аминоантипирин, который присоединяется к полимерной основе из-за конденсации. Благодаря появлению характерных свойств у синтезированного полимерного поверхностно-активного вещества, оно сможет применяться в нефтедобывающих отраслях в качестве смачивателя. Целью данной работы являлся синтез полимерного ПАВ на основе ксилол-формальдегидной смолы и 4-аминоантипирина в качестве эмульгатора обратных эмульсий. Разработана рецептура для производства высокомолекулярного поверхностно-активного вещества на основе ксилол-формальдегидной смолы и 4-аминоантипирина. Изучены технологические характеристики синтезированного вещества.*

Ключевые слова: *поверхностно-активные вещества, ксилол-формальдегидная смола, 4-аминоантипирин, технологические характеристики.*

Введение. Интерес к изучению поверхностно-активных веществ набрал в последнее время значительные обороты [1, 2, 3]. Их способность напрямую зависит от их строения. Молекула имеет дифильное строение, то есть состоит из гидрофильной и гидрофобной части. Гидрофильная (полярная) способна взаимодействовать с водой, а гидрофобная (не полярная) с жиром. (рис. 1).

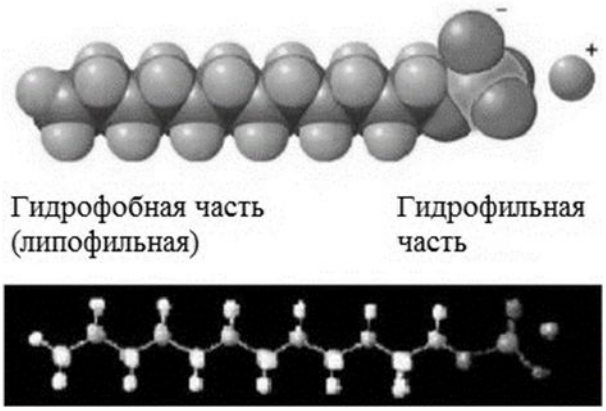


Рис. 1. Дифильное строение молекулы ПАВ

Такого типа молекула имеет сродство с разными по природе веществами, соединяя ранее не соединяющиеся вещества.

Объем потребления ПАВ в последние годы растет стабильно на 4–5 % и этот процент не мал, если сравнивать его с другими отраслями [1] (рис. 2).

Чтобы возможно было использование полимерного поверхностно-активного вещества в качестве смачивателя при добыче нефти, он должен: обладать растворимостью в воде, высокой степенью сродства к межфазным границам; высокой молекулярной массой, которая обеспечивает эффективность при низких концентрациях; способностью понижать поверхностное натяжение и изменять краевой гол смачивания.

ПАВ используют в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и быту. Очень широкое использование всех видов ПАВ при получении и применении синтетических полимеров и олигомеров [5]. Во многом от ПАВ типа и концентраций зависят технологические и физико-химические свойства получаемых латексов [6].

Одним из важных в настоящее время направлений применения является использование ПАВ

в нефтеперерабатывающей отрасли, в виде смачивателей породы и для повышения коэффициента нефтеотдачи пласта, но он должен обладать хорошей растворимостью в воде, высокой молекулярной массой и степенью сродства к межфазным границам, еще способностью понижать поверхностное натяжение и краевой угол смачивания [7, 8].

Рис. 2. Объем потребления ПАВ

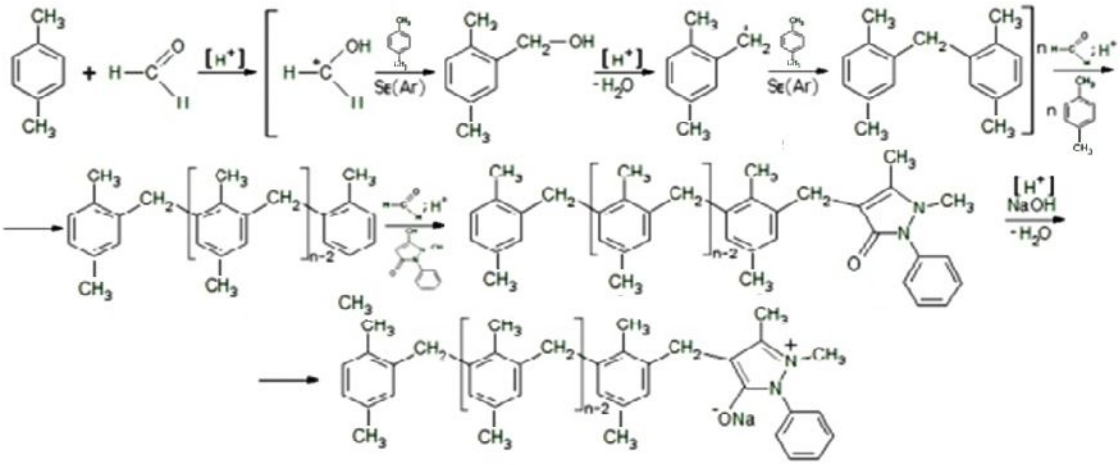
Методология. Роль липофильного (поглощающего) участка в продукте, в котором проходит синтез, выполняли продукты взаимодействия ксилола и формальдегида, а гидрофильного молекула 4-аминоантипирина.

Синтез поверхностно-активного вещества проводился в три стадии:

1. Построение полимерной ароматической цепи;
2. Конденсация цепи молекулой 4-аминоантипирина;
3. С помощью натриевой щелочи перевод продукта в соляную форму.

В ходе опытов было подобрано оптимальное соотношение исходных компонентов для получения стабильного полимерного поверхностно-активного вещества. Многократным лабораторным экспериментальным образом был подобран температурный интервал синтеза, Выявлено, что при использовании температур ниже 80°С синтез не протекает до конца, что говорит о не протекании реакции, а при использовании более высоких температур происходит осмоление продуктов синтеза, то есть деструкция, и их дальнейшее применение невозможно.

Основная часть. Синтез олигомерного ПАВ проходил по следующей предполагаемой схеме:



Наиболее интенсивные полосы поглощения сложных эфиров находятся в области 1444 и 1656см-1 – валентные колебания метильной и метиленовой группы. Доказательством наличия аминогруппы служит полоса поглощения 697 и см$^{-1}$. ИК-спектр подтверждает соединение полимерной цепи с молекулой 4-аминоантипирином, через аминогруппу, о чем говорит пик 1128 см$^{-1}$ (рис.3).

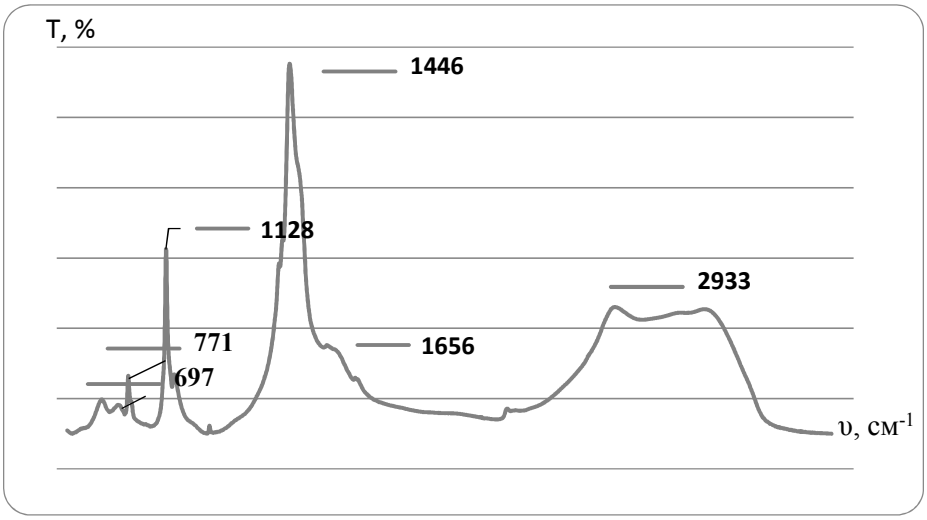
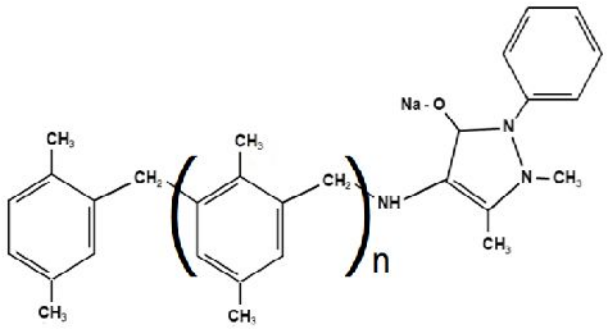


Рис. 3. ИК-спектр синтезированного вещества

Исследование ИК-спектра показало, что синтез прошел в соответствии с теоретическими расчетами и состав полученного продукта совпадает с предполагаемым составом:



Для изучения интенсивности смачиваемости твердой поверхности ситезировованным полимерным ПАВ был выбран метод лежащей капли. При росте концентрации поверхностно-активного вещества в дистиллированной воде улучшаются свойства смачивателя. При концентрации 1% происходит моментальное впитывание в поверхность. Было доказано (табл. 1), что при уменьшении концентрации ПАВ в воде, способность смачивания заметно снижалась.

Проанализировав результаты полученных зависимостей (табл 1.) можно утверждать, что полученный ПАВ обладает хорошей впитывающей способностью. Как мы видим, рост контакта раствора, содержащего ПАВ с поверхностью, зависит от повышения концентрации процентного содержания поверхностно-активного вещества. Что говорит о том, что полученный и исследуемый ПАВ обладает свойствами смачивания пород. При 0,05 % содержании вещества происходит впитывание и пропадает потребность повышать концентрацию.

Таблица 1

Влияние концентрации ПАВ на краевой угол смачивания на поверхности глины юрской и песка

Измеряемая величина		Концентрация поверхностно-активного вещества (С), %				
		0,1	0,05	0,0125	0,00625	0,003125
Глина Юрская	θ, град	7,1	9,5	15,5	17	18,1
	Cosθ	0,99378	0,98888	0,98888	0,98888	0,98888
Песок	θ, град	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
	Cosθ	0,99191	0,99191	0,99191	0,99191	0,99191

Поверхностное натяжение является важной характеристикой ПАВ. Поверхностное натяжение определяли на приборе тензиометр процессорный К100. Видно (рис 4.), что поверхностное натяжение изменяется обратно пропорционально росту концентрации раствора ПАВ. При концентрации 1,2 % поверхностное натяжение удалось снизить до 38,7мДж/м^2.

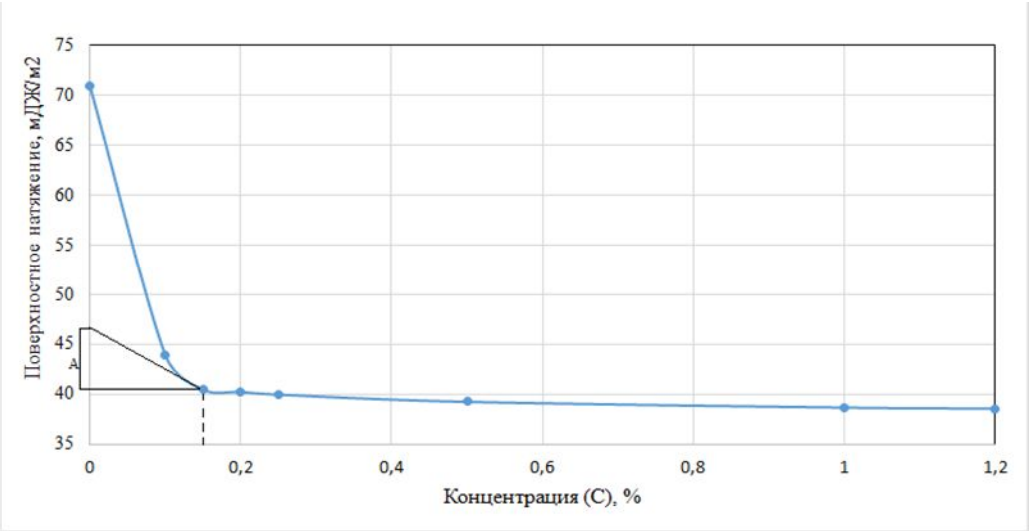


Рис. 4. Изотерма поверхностного натяжения синтезированного ПАВ

Очень важной количественной характеристикой поверхностно-активного вещества является гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) Гриффина Дэвиса (табл. 2). Применение и использование ПАВ очень сильно зависит от числа ГЛБ. Если поверхностно-активные вещества имеют числа ГЛБ от 7 и до 9, то их применяют в качестве смачивателей. Если от 13 до 15, то они используются в качестве моющих средств, а от 15 и до 18 – в качестве стабилизаторов в водных растворах.

Таблица 2

Результаты измерений для определения ГЛБ

	Высота эмульсионного слоя, см	Общая высота содержимого, см
Без добавления синтезированного ПАВ	5	12
С добавлением синтезированного ПАВ	0,2	12

Расчет проводится по формуле:

$$ГЛБ_{ПАВ} = 20 \cdot \frac{L_1}{L}$$

где L_1– высота, образовавшегося эмульсионного слоя, L -высота всего содержимого цилиндра или пробирки (сосуда).

После сравнения рассчитанного значения ГЛБ, которое равно 8,33, со шкалой Гриффина, можно сделать вывод, что синтезированный и исследуемый олигомерный ПАВ соответствует смачивателям.

Выводы. Таким образом, в ходе исследований установлено, что синтезированный олигомерный ПАВ повышает эффективность смачивания, следовательно, возможно его дальнейшее использование в качестве смачивающей добавки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гумерова О.А. Исследование физических свойств водонефтяных дисперсных систем в процессе их движения через погружные центробежные насосы // Нефтегазовое дело. Т.11, №4. 2013. С. 73–76.

2. Вералайнен Н.В. Получение композиционных материалов при участии поверхностно-активных веществ // Интернациональный журнал экспериментов. 2015. №4.С. 422.

3. Богданова Д.А., Нургалиев Т.Р. Сравнительный анализ адсорбционных свойств различных адсорбентов // Молодой ученый. 2016. №13. С. 97–100.

4. Крылов А.Т.Рынок ПАВ в России. Исследование рынка производителей химических продуктов для производства ПАВ в России // DISCOVERY Recearch Group. 2017. С. 50.

5. Ерген Д.В. В поисках энергии: Ресурсные войны, новые технологии и будущее энергетики. М.: Альпина Паблишер, 2016. С. 552.

6. Солнангы С.В., Лапова Т.В., Елугачева Н.С. Поверхностно-активные вещества. Теория и практика применения // Материалы 58-й научно-технической конференции. М. С. 31-37.

7. Шимуук А.П. Синтез ПАВ на основе толуол-формальдегидных смол и антипирина //

Международный журнал «Символ науки», 2015. №6. С.17–21.

8. Урозаев А.В. Гидрофильность и гидрофобность // Технология в электронной промышленности. 2006. №3. С. 33–36.

Информация об авторах

Ключникова Наталья Валентиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии. E-mail: 4494.55@vail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Генов Иван, директор Фонда науки и образования. E-mail office@sciencebg.net. Болгария, г. Бургас , ул. Оборище 21.

Кудина Анастасия Евгеньевна, магистрант кафедры теоретической и прикладной химии. E-mail: a.burdasova@inbox.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Ключникова Н. В., Генов И., Кудина А.Е., 2018

[1,]*Klyuchnikova N.V., [2]Genov I., [1]Kudina A.E.

[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
[2]Foundation for Science and Education
Bulgaria, Bourgas, Str. Oborishche, 21 Bulgaria, Bourgas, Str. Oborishche, 21
**E-mail: 4494.55@vail.ru*

POLYMERIC SURFACE-ACTIVE SUBSTANCE FOR OIL PRODUCING INDUSTRY

Abstract. *Surface-active substances (surfactants) used in the oil industry as emulsifiers for inverse emulsions are one of the very important areas, as they are used in such technological processes as secondary opening of the productive formation, killing wells before underground repairs, well bottom hole treatment and restriction of water inflows. Aggregate stability of the emulsion can improve emulsifiers. This happens due to the formation of a solid polymer film around the droplets in the water-oil system, which makes it more stable. As a polymer base, xylene-formaldehyde resins are of particular interest for surfactants due to their high molecular weights and reactivity. Previously used in surfactants, expensive raw materials for use, such as antipyrine, which was needed to impart the properties of the hydrophilic component. In order to reduce the cost of the product, 4-aminoantipyrine, similar in characteristics and structure, was used in this work, which is attached to the polymer base due to condensation. Due to the appearance of the characteristic properties of the synthesized polymeric surfactant, it can be used in the oil-producing industries as a wetting agent. The purpose of this work was the synthesis of a polymeric surfactant based on xylene-formaldehyde resin and 4-aminoantipirin as an emulsifier for inverse emulsions. A formulation has been developed for the production of a high molecular weight surfactant based on xylene-formaldehyde resin and 4-aminoantipyrine. The technological characteristics of the synthesized substance were studied.*

Keywords: *surfactants, xylene-formaldehyde resin, 4-aminoantipyrine, technological characteristics.*

REFERENCES

1.Gumerova, O.A. Investigation of the physical properties of water-oil dispersed systems in the process of their movement through submersible centrifugal pumps. Oil and Gas Business, 2013, vol. 11, no. 4, pp. 73–76.

2.Veralainen, N.V. Obtaining composite materials with the participation of surfactants. International Journal of Experiments, 2015, no. 4, 422 p.

3. Bogdanova D.A., Nurgaliyev T.R. Comparative analysis of the adsorption properties of various adsorbents. Young scientist, 2016, no. 13, pp. 97–100.

4. Krylov A.T. Surfactory market in Russia. Market research of manufacturers of chemical products for the production of surfactants in Russia. DISCOVERY Recearch Group, 2017, p. 50.

5. Yergen D.V. In search of energy: Resource wars, new technologies and the future of energy. M.: Alpina Publisher, 2016, 552 p.

6. Solnangy S.V., Lapova T.V., Elugacheva Surfactants N.S. Theory and practice of application Proceedings of the 58th Scientific and Technical Conference. M., pp. 31–37.

7. Shimuuk A.P. Synthesis of surfactants based on toluene-formaldehyde resins and antipyrine International Journal "Symbol of Science", 2015, no. 6, pp. 17–21.

8. Urozaev A.V. Hydrophilicity and

hydrophobicity. Technology in the electronic industry, 2006, no. 3, pp. 33–36.

Information about the authors
Klyuchnikova, Natalya V. PhD. E-mail: 4494.55@vail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Genov, Ivan. Director of the Foundation for Science and Education. E-mail office@sciencebg.net.Bulgaria, Bourgas, Str. Oborishche, 21.

Kudina, Anastasia E. Master student. E-mail: a.burdasova@inbox.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in Sebtember 2018

Для цитирования:
Ключникова Н.В., Генов И., Кудина А.Е. Полимерное поверхностно-активное вещество для нефтедобывающей отрасли // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 99–104. DOI: 10.12737/article_5bf7e357aa4f11.67674617

For citation:
Klyuchnikova N.V., Genov I., Kudina A.E. Polymeric surface-active substance for oil producing industry. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 99–104. DOI: 10.12737/article_5bf7e357aa4f11.67674617

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5bf7e35928a115.19093550

[1]Никитина И.П., [1]Каменев С.В, [1,]*Поляков А.Н.
[1]Оренбургский государственный университет
Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13
**E-mail: anp_temos@mail.ru*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗЦОВ С ПОМОЩЬЮ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ

Аннотация. *Использование координатно-измерительных машин позволяет: осуществлять измерения геометрических параметров прецизионных деталей, измерение которых универсальным ручным инструментом нереализуемо, а также минимизировать брак продукции, используя регулярный мониторинг точности процесса обработки деталей. Особенностью контроля элементов детали на координатно-измерительной машине является определение фактических координат отдельных точек поверхности или контура и последующем их сравнением с теоретическими заданными по чертежу. Целью проведенного исследования являлась разработка методики измерения конструктивных и геометрических параметров проходного прямого резца. Для проверки эффективности разработанной методики измерения конструктивных и геометрических параметров резца был проведен натурный эксперимент. В ходе которого производилось измерение всех конструктивных и геометрических параметров проходного резца с использованием ручных измерительных инструментов и координатно-измерительной машины Wenzel XOrbit 55(Германия). Сравнительный анализ результатов проведенных измерений с помощью универсального ручного измерительного инструмента и координатно-измерительной машины показал: все геометрические параметры резца возможно измерить только с использованием координатно-измерительной машины; результаты измерения геометрических параметров с использованием универсального ручного инструмента не позволяют принять однозначные организационные решения по дальнейшей эксплуатации режущего инструмента, так как погрешность измерений сопоставима с действующими допусками на размер; однако, для таких конструктивных параметров: как длина, высота, ширина резца – ввиду больших допусков достаточно использование универсального ручного инструмента. Разработанная методика измерения конструктивных и геометрических параметров резца может быть с минимальными доработками распространена на другие виды режущих инструментов, в виду универсальности геометрических параметров режущего клина проходного резца. Практика измерений при помощи координатно-измерительной машины показала, что при проведении ответственных измерений использование координатно-измерительных машин даже в ручном режиме является не только точным, но и более производительным в сравнении с использованием измерительных инструментов.*

Ключевые слова: *режущие инструменты, проходные резцы, измерения, конструктивные и геометрические параметры, координатно-измерительная машина.*

Введение. В последнее время в машиностроительном производстве широко используются координатно-измерительные машины (КИМ) различного типа [1–4]. Использование КИМ позволяет: оперативно измерять геометрические параметры простых и сложных прецизионных деталей, измерение которых традиционными средствами или требует разработки специальной дорогостоящей оснастки, или измерение которых невозможно даже теоретически; минимизировать брак продукции, используя постоянный контроль точности процесса обработки деталей, и своевременно корректировать его [5–10].

Контроль элементов детали заключается в определении координат отдельных точек поверхности или контура и последующем сравнении измеренных фактических значений с теоретическими заданными по чертежу. Точность контроля зависит от количества измеренных точек [11–16].

Несмотря на широкое распространение инструмента сборной конструкции, в настоящее время существует важная область применения инструмента цельной и составной конструкции (с напайными пластинами). В основном, это малоразмерный, а также специальный комбинированный инструмент для обработки поверхностей сложного профиля. На машиностроительных предприятиях при изготовлении и последующих

переточках такого инструмента контроль их конструктивных и геометрических параметров производят специальными шаблонами, штангенциркулями и универсальными угломерами различных типов и точности.

Резцы в зависимости от их конструкции и характера изнашивания затачивают по передней, задней или по обеим поверхностям. Резцы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали наиболее часто затачивают по всем режущим поверхностям. В ряде случаев при незначительном износе резцов по передней поверхности их затачивают только по задней поверхности.

В настоящее время выпускаются резцы составной конструкции повышенной надежности: повышенная точность изготовления и взаимного расположения поверхностей державки, что обеспечивает их применение на станках с ЧПУ, использование новых, в том числе трехслойных, марок припоев и замена материала державки на сталь 35ХГСА или 30ХГСА (взамен стали марок Ст. 6, Ст. 7, 45, 50, У7, У8 и 40Х) практически исключает трещинообразование при напайке, что позволяет сократить расход резцов примерно в 3–4 раза.

Методика измерения конструктивных и геометрических параметров резца. Целью проведенного исследования является анализ и определение рациональных средств контроля конструктивных и геометрических параметров резцов при его изготовлении и последующих переточках.

В качестве исследуемого объекта был выбран проходной, прямой, левый резец составной конструкции с пластинкой из твердого сплава.

Координатно-измерительная машина Wenzel XOrbit 55 позволяет осуществлять измерения как в ручном, так и в автоматическом режимах. В данной работе рассмотрен ручной режим измерения.

Работа машины основана на координатных измерениях, т.е. поочередном измерении координат некоторого числа точек на поверхности детали и последующей их математической обработки для определения погрешностей нормируемых геометрических параметров.

Резец устанавливается и закрепляется на столе координатно-измерительной машины. При работе машины в ручном режиме перемещение измерительной головки производится при помощи джойстика пульта управления. Джойстик позволяет производить перемещения головки по любой из трех координатных осей. За обработку, анализ, визуализацию и хранение результатов измерения на координатно-измерительной машине отвечает специализированное программное обеспечение Metrosoft Quartis.

Измерение линейных и угловых размеров резца на координатно-измерительной машине сводится к определению номинального положения реальных поверхностей резца в системе координат резца и последующему расчету расстояний или углов между ними. Основными, стандартными геометрическими элементами, используемыми в программном обеспечении координатно-измерительных машин для представления реальных элементов, являются: точка, прямая, плоскость.

Основной процедурой во всех измерениях является измерение точки, поскольку все остальные типы прилегающих элементов строятся на основе измерения координат точек, принадлежащих реальным элементам резца. Соответственно, чем большее количество точек будет использовано для определения прилегающего элемента, тем точнее будет вычислен размер при обработке результатов измерений (для построения плоскости, с целью сокращения времени на замеры и проверки достаточности точности замера, использовалось минимальное количество точек – 3).

Номинальное положение реальных поверхностей резца определяется следующим образом: джойстиком на пульте управления подводится щуп измерительной головки к соответствующим элементам резца и производится его касание в произвольных точках, относящихся к данному элементу, и участвующего в определении линейного или углового размера.

В качестве базирующей поверхности резца использована нижняя, плоская грань державки резца, что позволило обеспечить свободный доступ щупа ко всем измеряемым поверхностям с учетом возможных поворотов измерительной головки.

Создав ориентацию измерительного щупа, следует переходить к процедуре виртуального построения элементов, используемых для определения всех размеров резца: 11 плоских элементов (PLN_1,…, PLN_11, рис.1), шесть прямых (LIN_1,…, LIN_6, рис.1) и точка PT_1.

Порядок измерения плоских граней большого значения не имеет. Однако в ручном режиме удобней измерять эти грани попарно и сразу же определять для них необходимые размеры.

Номинальные размеры, технические условия, а также верхнее и нижнее предельные отклонения принимаются по следующим стандартам: ГОСТ 18878-73 «Резцы токарные проходные прямые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры»; ГОСТ 5688-61 «Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия»;

ГОСТ 25347-82 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок».

Для определения ширины державки резца (размер L1, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить два плоских элемента PLN_1 и PLN_2 (рис. 2, а). На мониторе компьютера, связанного с КИМ, выводятся параметры: «Фактическое значение», «Номинальное значение», а также заданные для данного размера предельные отклонения в виде параметров «Верхний допуск» и «Нижний допуск». Это позволяет проверить фактическое значение размера на соответствие заданному допуску. Программа в автоматическом режиме пересчитывает размерную погрешность в абсолютном (параметр «Отклонение») и процентном (параметр «Анализ данных») соотношениях. Значение параметра «Анализ данных» менее 100 % означает, что фактическое значение размера находится в пределах поля допуска.

Для определения высоты державки резца (размер L2, рис.1) требуется последовательно измерить и построить два плоских элемента PLN_3 и PLN_4 (рис. 2, б). При этом в качестве второго плоского элемента PLN_4 принимается стол координатно-измерительной машины, на котором базируется нижней плоской поверхностью державки резец. Результаты измерения представлены на рис. 3.

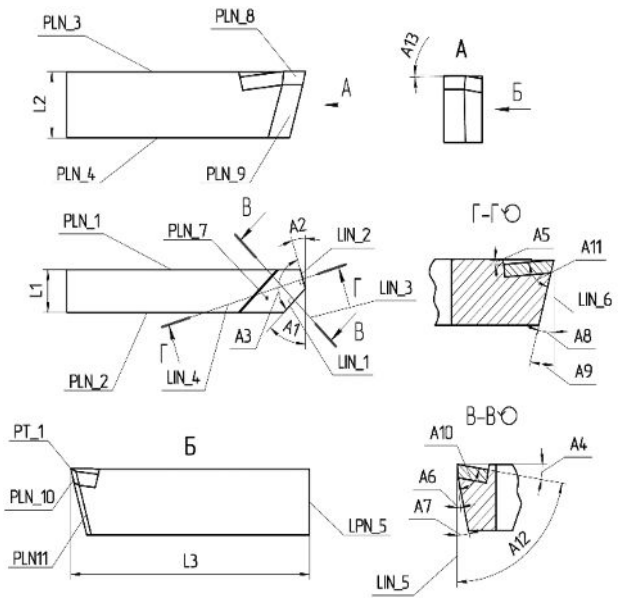


Рис. 1. Чертеж резца

Для определения длины резца (размер L3, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_5 и точку PT_1 (рис. 2, в).

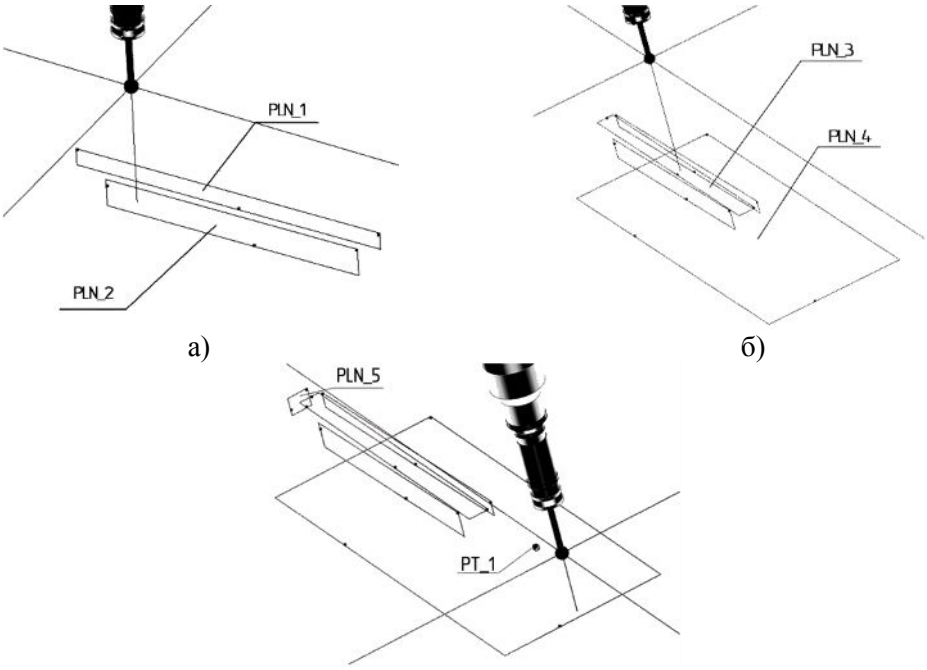


Рис. 2. Геометрические элементы для измерения ширины, высоты и длины державки резца

Для определения углов резца в плане (размеры A1, A2, A3, рис. 1) требуется измерить и построить плоский элемент PLN_6, построенный параллельно PLN_5, а также измерить и построить две прямые LIN_1 и LIN_2 (рис. 4, а). Затем необходимо построить проекции прямых LIN_1 и LIN_2 на плоскость PLN_4. В качестве иллюстрации результаты измерения главного угла в плане в виде скриншота соответствующего диалогового окна представлены на рисунке 5.

Значение угла при вершине A3 можно получить как непосредственным измерением углового положения проекций прямых LIN_1 и LIN_2

на плоскость PLN_4, так и расчетом для измеренных углов А1 и А2 ($A_3 = 180^\circ - (A_1 + A_2)$).

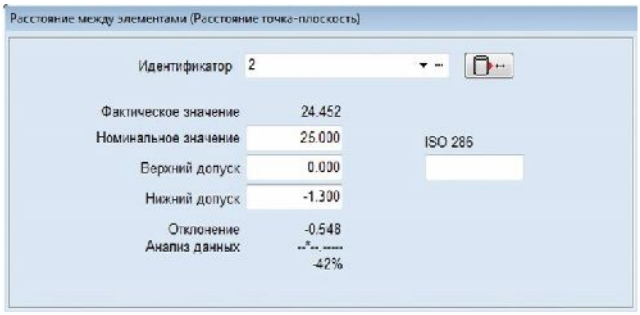


Рис. 3. Скриншот окна программы с результатами расчета высоты державки резца

Для определения главного переднего угла резца (размер А4, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_7 и прямую LIN_3, перпендикулярную к линии LIN_1 и лежащую в плоскости PLN_7 (рис. 4, б). Измерение угла производится между плоскостью PLN_3 и прямой LIN_3.

Для определения вспомогательного переднего угла резца (размер А5, рис. 1) требуется измерить и построить прямую LIN_4, перпендикулярную к линии LIN_2 и лежащую в плоскости PLN_7 (рис. 4, в). Измерение угла производится между плоскостью PLN_3 и прямой LIN_4.

Для определения главного заднего угла резца по режущей пластине (размер А6, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_8 и прямую LIN_5, проходящую через линию LIN_1 и перпендикулярную к плоскости PLN_4 (рис. 4, г). Измерение угла производится между плоскостью PLN_8 и прямой LIN_5.

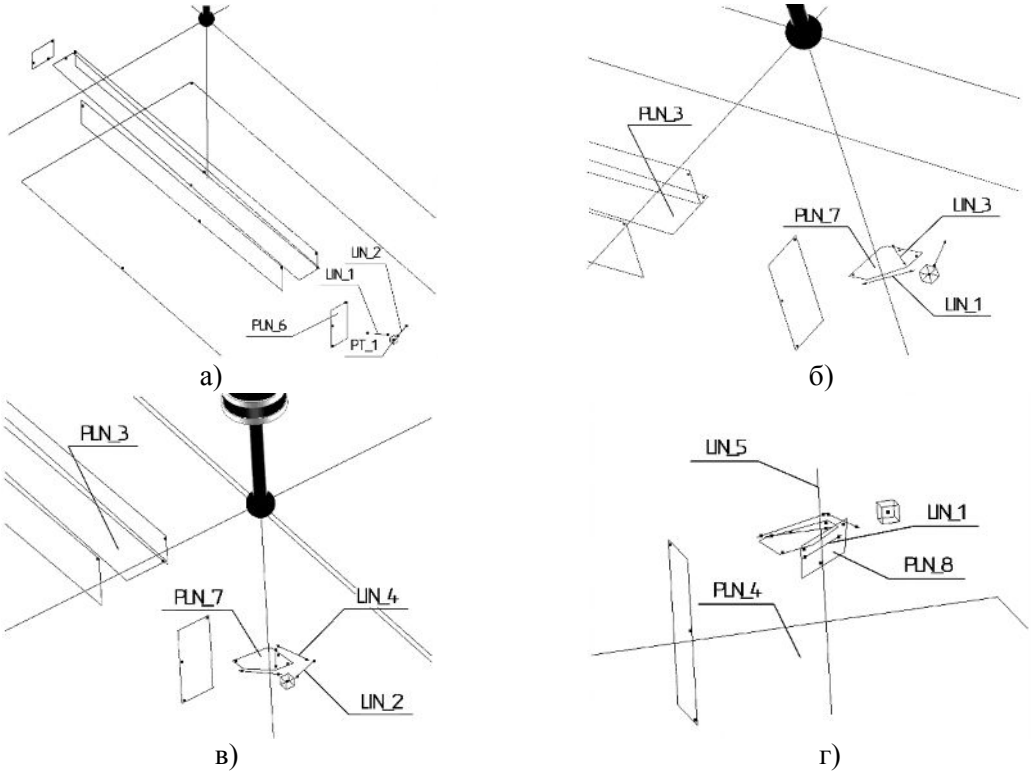


Рис. 4. Геометрические элементы для измерения углов в плане резца

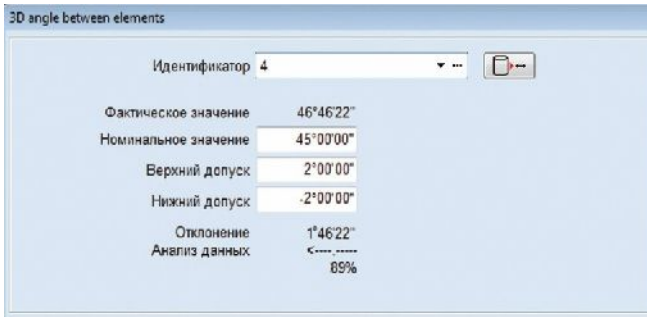


Рис. 5. Скриншот диалогового окна результатов измерения главного угла в плане

Для определения главного заднего угла резца по державке (размер А7, рис. 1) требуется измерить и построить плоский элемент PLN_9 (рис. 6, а). Измерение угла производится между плоскостью PLN_9 и прямой LIN_5. Результаты расчета главного заднего угла резца по державке между выбранными элементами представлены на рис. 10, б.

Для определения вспомогательного заднего угла резца по пластине (размер А8, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_10 и прямую LIN_6, проходящую через линию LIN_2 и перпендикулярную к плоскости PLN_4 (рис. 6, б). Измерение угла производится между плоскостью PLN_10 и

прямой LIN_6.

Для определения вспомогательного заднего угла резца по державке (размер А9, рис. 1) требуется последовательно измерить и построить плоский элемент PLN_11 (рис. 6, в). Измерение угла осуществляется между плоскостью PLN_11 и прямой LIN_6.

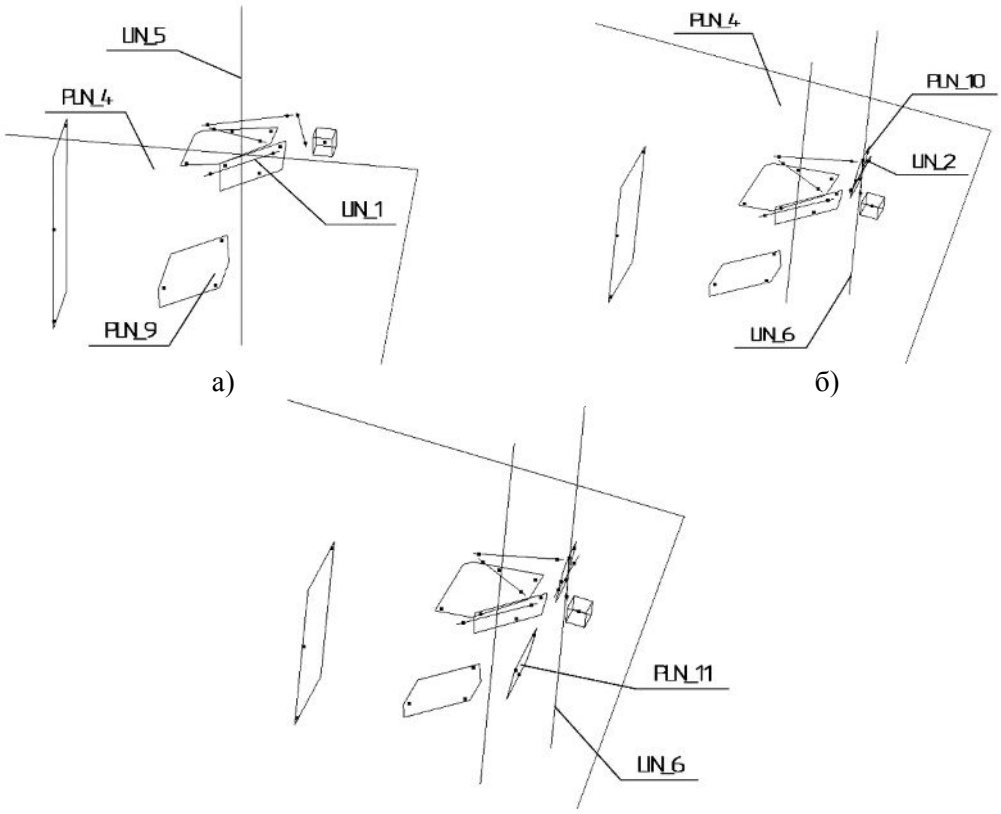


Рис. 6. Геометрические элементы для измерения главного заднего угла резца по державке, вспомогательного заднего угла резца по пластине и вспомогательного заднего угла резца по державке

Для определения главного угла заострения резца (размер А10, рис. 1) измерение производится между плоскостями PLN_7 и PLN_8 (рис. 7, а). Для определения вспомогательного угла заострения резца (размер А11, рис. 1) измерение осуществляется между плоскостями PLN_7 и PLN_10 (рис. 7, б).

Для определения угла резания резца (размер А12, рис. 1) измерение производится между плоскостью PLN_7 и прямой LIN_5 (рис. 8, а). Для определения угла наклона главной режущей кромки резца (размер А13, рис. 1) измерение осуществляется между плоскостью PLN_3 и прямой LIN_1 (рис. 8, б).

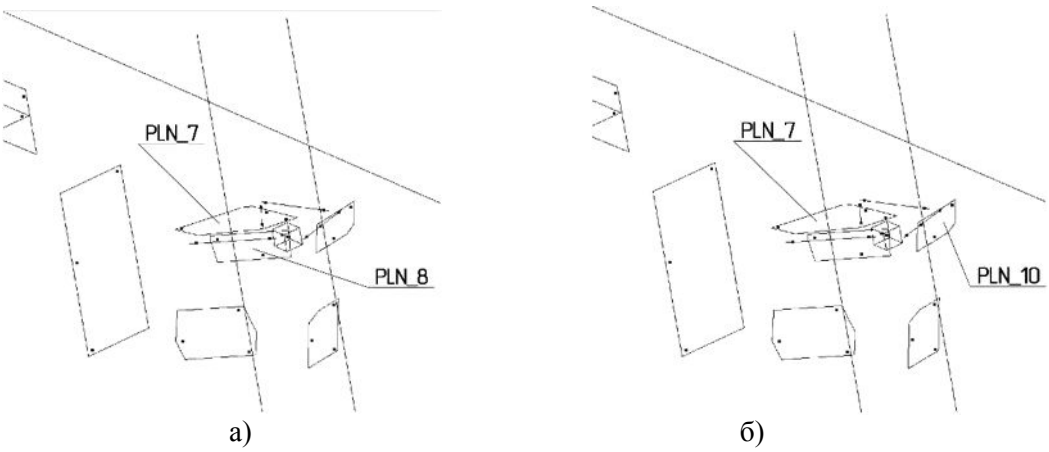
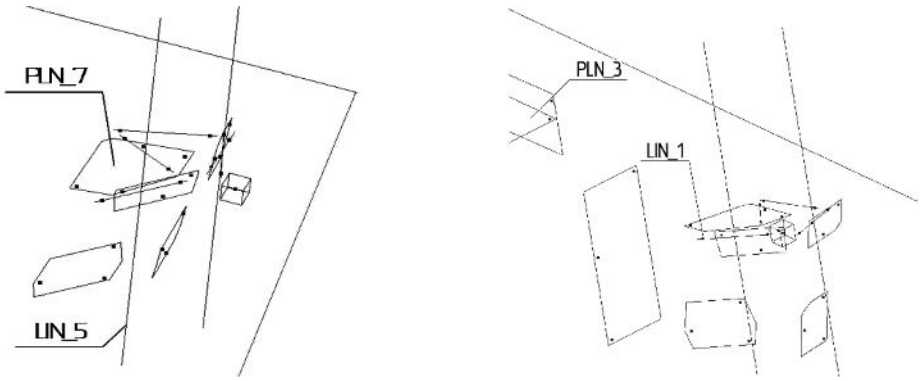


Рис. 7. Геометрические элементы для измерения главного и вспомогательного углов заострения резца



а) б)

Рис. 8. Геометрические элементы для измерения угла резания и угла наклона главной режущей кромки резца

Экспериментальные исследования. Для проверки эффективности разработанной методики измерения конструктивных и геометрических параметров резца был проведен натурный эксперимент. В ходе которого производилось измерение всех конструктивных и геометрических параметров проходного резца с использованием ручных измерительных инструментов и координатно-измерительной машины Wenzel XOrbit 55(Германия).

В качестве ручных измерительных инструментов использовались:

– штангенциркуль нониусного типа ШЦ-I-150-0,02 ГОСТ 166-89 (цена деления 1 мм, значение отсчета по нониусу 0,02 мм, предел допускаемой погрешности ±0,02 мм);

– угломер с нониусом типа 1 ГОСТ 5378-88 (цена деления шкалы основания 1°, значение отсчета по нониусу 2′ предел допускаемой погрешности ±2′);

– угломер маятникового типа 3УРИ-М ТУ 2-034-666-82 (цена деления 1°, погрешность показаний ±20′).

Экспериментальные данные и результаты расчета занесены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные и результаты расчета резца

Метод замера	Длина резца L, мм	Ширина резца B, мм	Высота резца H, мм	Углы резца, градусы												
				Главные углы по пластине				Вспомогательные углы по пластине			Углы в плане			Угол наклона главной режущей кромки	Задние углы по державке	
				α	γ	β	δ	α_1	γ_1	β_1	φ	φ_1	ε	λ	α	α_1
Номинальные размеры резца по ГОСТ 18878-73 и отклонения по ГОСТ 5688-61, ГОСТ 25347-82	210±5,8	$16_{-1,1}$	$25_{-1,3}$	6°±1°	10°±1°	74°	80°	14°±1°	6°±1°	70°	45°±2°	10°±2°	125°±4°	0°±30′	12°±1°	14°±1°
Измерительный инструмент	210	15,76 – 15,82	24,34 – 24,42	5° – 7°	10° –11°	Расчет по формуле	Расчет по формуле	14° – 15°	5 °– 7°	Расчет по формуле	46°30′ – 47°	10°48′ – 11°24′	120°24′ –23°30′	0°– 0°30’	11°– 12°	13° – 15°
Координатно-измерительная машина	210,041	15,816	24,452	5°24′29″	10°49′36″	73°47′54″	79°11′06″	14°00′11″	6°17′11″	69°31′55″	46°46′22″	10°58′54″	122°14′44″	0°02′47″	12°04′59″	14°44′17″

Время, затрачиваемое на измерение конструктивных и геометрических параметров одного резца с помощью универсального измерительного инструмента составило 30 минут, а с помощью координатно-измерительной машины в ручном режиме – 15 минут.

Сравнительный анализ результатов проведенных измерений с помощью универсального ручного измерительного инструмента и координатно-измерительной машины показал:

– все геометрические параметры резца возможно измерить только с использованием координатно-измерительной машины;

– результаты измерения геометрических параметров с использованием универсального ручного инструмента не позволяют принять однозначные организационные решения по дальнейшей эксплуатации режущего инструмента, так как погрешность измерений сопоставима с действующими допусками на размер; однако, для таких конструктивных параметров: как длина, высота, ширина резца – ввиду больших допусков достаточно использование универсального ручного инструмента.

Выводы. Заключение о точности изготовления резца в соответствии ГОСТ 5688-61 «Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия» возможно получить только при использовании координатно-измерительной машины, так как измерение ручным измерительным инструментом при многократных повторных измерениях дает разброс фактических значений размера сопоставимый с полем допуска на размер, установленным стандартом. Углы заострения и резания, а также вспомогательный угол заострения по пластине не могут быть измерены ручным инструментом.

Разработанная методика измерения конструктивных и геометрических параметров резца может быть с минимальными доработками распространена на другие виды режущих инструментов, в виду универсальности геометрических параметров режущего клина проходного резца.

Практика измерений при помощи координатно-измерительной машины показала, что при проведении ответственных измерений, к которым относят измерения геометрических параметров режущих инструментов, использование координатно-измерительных машин даже в ручном режиме является не только точным, но и более производительным в сравнении с использованием измерительных инструментов. Это создает перспективу более широкому внедрению контрольных операций с применением координатно-измерительных машин в технологический процесс изготовления и переточек режущего инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решетникова Е.П., Бочкарев П.Ю., Захаров О.В. Комплекс математических моделей для контроля технически сложных поверхностей на мобильных координатно-измерительных машинах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2015. Т.17 № 3. С. 48–60.

2. Vykhristyuk I.A. Coordinate measuring machine with large working volume based on laser technological system // Key Engineering Materials. 2010. Т. 437. pp. 453–457.

3. Ito S., Kodama I., Gao W. Development of a probing system for a micro-coordinate measuring machine by utilizing shear-force detection // Measurement Science and Technology. 2014. Т. 25. № 6. pp. 064011.

4. Chang H.C., Lin A.C. Five-axis automated measurement by coordinate measuring machine // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2011.Vol. 55. Is. 5–8. pp. 657–673.

5. Гречников Ф.В., Яковишин А.С., Захаров О.В. Минимизация объема измерений при контроле цилиндрических поверхностей на основе статистического моделирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. Т.19. № 4. С. 101–110.

6. Сурков И.В., Буртовая А.И. Оборудование и программно-методическое обеспечение для координатных измерений высокоточных деталей и инструментов // Станкоинструмент. 2016. № 3. С. 72–79.

7. Гречников Ф.В., Яковишин А.С., Захаров О.В. Минимизация объема измерений плоских поверхностей деталей при сборке // Сборка в машиностроении. 2018. № 2. С. 56–58.

8. Черняев И.Ю., Лукин Е.А. Методика измерения координат точек поверхности модели гребного винта // Труды Крыловского государственного научного центра. 2018. № 1. С. 89–95.

9. Печенкин М.В., Абзалов А.Р., Шустов В.Э. К вопросу разработки методики измерения параметров зубчатых колес с гиперболоидной делительной поверхностью и назначения норм точности // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2017. Т.20. № 2. С. 87–90.

10. Поляков А.Н., Каменев С.В. Экспериментальные исследования концевого фрезерования на отделочных стадиях обработки // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2016. № 4. С. 109–115.

11. Архангельская М.А., Вермель В. Д., Забалуев В.Ф., Николаев П.М., Чернышев Л.Л. Методика оценки точности изготовления аэродинамических моделей по материалам измерений на координатно-измерительной машине // Ученые записки ЦАГИ. 2014. Т.XLV. №5. С. 78–90.

12. Виноградов А.Е. Применение координатно-измерительных машин при контроле сложно-профильного режущего инструмента // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 7. Ч. 2 . С. 81–86.

13. Shiou F.J., Lin Y.F., Chang K.H. Determination of the optimal parameters for free form surface measurement and data processing in reverse engineering // The international Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2003. Т. 21. № 9. pp. 678–690.

14. Vrba I., Palencar R., Hadzistevic M., Strbac B., Spasic-Jokic V., Hodolic J. Different Approaches in Uncertainty Evaluation for Measurement of Complex Surfaces Using Coordinate Measuring Machine // Measurement science review. 2015. Volume 15. No. 3. pp. 111–118.

15. Jakubiec W., Płowucha W., Starczak M. Analytical estimation of coordinate measurement uncertainty // Measurement. 2012. Volume 45. Issue 10. pp. 2299–2308.

16. Jakubiec W., Płowucha W., Rosner P. Uncertainty of measurement for design engineers // Procedia CIRP. 2016. Vol. 43. pp. 309–314.

Информация об авторах

Никитина Инна Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: innanikitina@list.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Каменев Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: kamenev_sergey@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Поляков Александр Николаевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов, профессор. E-mail: anp_temos@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Поступила в июле 2018 г.
© Никитина И.П., Каменев С.В, Поляков А.Н., 2018

[1]Nikitina I.P., [1]Kamenev S.V, [1,]*Polyakov A.N.
[1]Orenburg State University
Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13
**E-mail: anp_temos@mail.ru*

METHOD OF MEASURING CUTTERS USING A COORDINATE MEASURING MACHINE IN MANUAL MODE

Abstract. *The use of coordinate measuring machines allows to measure the geometrical parameters of precision parts, which is unrealizable by universal manual mode and to minimize product waste using regular monitoring of parts' processing accuracy. A feature of the control parts on the coordinate measuring machine is the determination of the actual coordinates of surface's individual points and its subsequent comparison with theoretical set according to the drawing. The aim of the study is to develop methods of measuring constructive and geometrical parameters of a straight cutter. The full-scale experiment is conducted to test the effectiveness of developed method. The measurement of all structural and geometrical parameters of a cutter is carried out using manual measuring tools and the Wenzel XOrbit 55 coordinate measuring machine (Germany). The comparative analysis of measurements with universal manual measuring mode and coordinate measuring machine shows: all geometric parameters can only be measured using a coordinate measuring machine; the results of measuring geometric parameters using universal manual mode does not allow to make an unambiguous organizational decisions on the further cutting tool operation, as the measurement error is comparable with the current size tolerances. However, for such design parameters as the length, height, width of the tool - due to the large tolerances, it is sufficient to use universal manual mode. The developed technique for measuring the structural and geometrical parameters of the tool can be extended with minimal modifications for other types of cutting tools, in view of the versatility of the geometric parameters of cutter's cutting wedge. The practice of measuring with coordinate measuring machine shows the use of manual mode is accurate and more productive in comparison with the use of measuring instruments.*

Key words*: cutting tools, cutters, measurements, structural and geometric parameters, coordinate measuring machine.*

REFERENCES

1. Reshetnikova E.P., Bochkarev P.Y., Zakharov O.V. Complex of mathematical models for control of technically complex surfaces on

mobile coordinate measuring machines. Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science, 2015, vol. 17, no. 3, pp. 48–60.

2. Vykhristyuk I.A. Coordinate measuring machine with large working volume based on laser technological system. Key Engineering Materials, 2010, vol. 437, pp. 453–457.

3. Ito S., Kodama I., Gao W. Development of a probing system for a micro-coordinate measuring machine by utilizing shear-force detection. Measurement Science and Technology, 2014, vol. 25, no. 6, pp. 064011.

4. Chang H. C., Lin A.C. Five-axis automated measurement by coordinate measuring machine. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, vol. 55, is. 5–8, pp. 657–673.

5. Grechnikov F.V., Yakovishin A.S., Zakharov O.V. Minimization of the volume of measurements during the control of cylindrical surfaces on the basis of statistical modeling. Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science, 2017, vol. 19, no. 4, pp. 101–110.

6. Surkov I.V., Burtova A.I. Equipment and software-methodical support for coordinate measurements of high-precision parts and tools. Stankoinstrument, 2016, no. 3, pp. 72–79.

7. Grechnikov F.V, Yakovishin A.S, Zakharov O.V Minimization of the volume of measurements of flat surfaces of parts during assembly. Assembling in mechanical engineering and Instrument-making, 2018, no 2, pp. 56–58.

8. Chernyaev I.Yu., Lukin E.A. Method of measuring the coordinates of the points of the surface of the propeller model. Transactions of the Krylov State Research Centre, 2018, no. 1, pp. 89–95.

9. Pechenkin M.V, Abzalov A.R, Shustov V.E. On the development of a technique for measuring the parameters of gears with a hyperboloidal dividing surface and the assignment of accuracy standards. Bulletin of Kalashnikov ISTU, 2017, vol. 20, no 2, pp. 87-90.

10. Polyakov A.N., Kamenev S.V. Experimental studies of end milling at finishing stages of processing. Intellekt. Innovatsii. Investitsii, 2016, no 4, pp. 109–115.

11. Arkhangelskaya M.A., Vermel V.D., Zabaluev V.F., Nikolaev P.M., Chernyshev L.L. Method for estimating the accuracy of manufacturing aerodynamic models based on measurement data on a coordinate measuring machine. Uchenye zapiski TsAGI, 2014, vol. XLV, no. 5, pp. 78–90.

12. Vinogradov A.E. Application of coordinate measuring machines for the control of a complex profile cutting tool. Proceedings of the TSU. Technical science, 2016, vol. 7, part 2, pp. 81–86.

13. Shiou F.J., Lin Y.F., Chang K.H. Determination of the optimal parameters for free form surface measurement and data processing in reverse engineering. The international Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2003, vol. 21, no. 9, pp. 678–690.

14. Vrba I., Palencar R., Hadzistevic M., Strbac B., Spasic-Jokic V., Hodolic J. Different Approaches in Uncertainty Evaluation for Measurement of Complex Surfaces Using Coordinate Measuring Machine. Measurement science review, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 111–118.

15. Jakubiec W, Płowucha W, Starczak M. Analytical estimation of coordinate measurement uncertainty. Measurement, 2012, vol. 45, is. 10, pp. 2299–2308.

16. Jakubiec W, Płowucha W, Rosner P. Uncertainty of measurement for design engineers. Procedia CIRP, 2016, vol. 43, pp. 309–314.

Information about the authors

Nikitina, Inna P. PhD, Assistant professor. E-mail: innanikitina@list.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Kamenev, Sergey V. PhD, Assistant professor. E-mail: kamenev_sergey@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Polyakov, Aleksandr N. PhD, Professor. E-mail: anp_temos@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Received in July 2018

Для цитирования:

Никитина И.П., Каменев С.В, Поляков А.Н. Методика измерения резцов с помощью координатно-измерительной машины в ручном режиме // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 105–113. DOI: 10.12737/article_5bf7e35928a115.19093550

For citation:

Nikitina I.P., Kamenev S.V, Polyakov A.N. Method of measuring cutters using a coordinate measuring machine in manual mode. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 105–113. DOI: 10.12737/article_5bf7e35928a115.19093550

DOI: 10.12737/article_5bf7e35b205829.65303552

[1,*]Мустафаев И.С., [1]Чубенко Е.Ф.
[1]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Россия, 690068, г. Владивосток, ул. Гоголя д. 41
*E-mail: freestyle.wrestler@mail.ru

МОДИФИКАЦИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРУБ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТ ВОЗДУШНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Аннотация. *Для исследования аэродинамических характеристик автомобилей, а также для определения наиболее оптимальной формы кузова на стадии проектирования с целью улучшения управляемости, увеличения максимальной скорости, мощности, динамичности, устойчивости, комфортабельности, а также экологичности и экономии топлива применяются аэродинамические трубы, предназначенные для установления различных компонент воздушного сопротивления, оказывающих непосредственное влияние на поведение автомобиля. На сегодняшний день для решения узкоспециализированных инженерных задач тюнинга и получения первичных экспериментальных данных для проектирования наиболее распространенными являются подходы с применением специальных уменьшенных аэродинамических труб для испытания масштабированных моделей автомобилей, что значительно упрощает и ускоряет получение результата, экономически удешевляет проведение эксперимента и позволяет достигать наиболее эффективных и точных решений, сопоставимых с возможностями натурных экспериментов. В данной работе представлены модификации некоторых современных полноразмерных и масштабированных аэродинамических труб, приведено описание работы аэродинамического комплекса в целом. Описана конструкция разработанной на базе кафедры «Транспортных процессов и технологий» лаборатории «Компьютерной диагностики и инструментального контроля» Владивостокского государственного университета экономики и сервиса аэродинамической трубы открытого контура для исследования масштабированных моделей автомобилей, а также представлены полученные результаты в ходе проведения экспериментов. По результатам испытаний в масштабированной аэродинамической трубе определена степень влияния параметров положения на аэродинамические характеристики модели легкового автомобиля Subaru Impreza с изменяемым навесным оборудованием. Приведено описание разработанных конструкций антикрыльев с управляемыми углами атаки, изготовленных методами 3D моделирования, для изучения влияния прижимной силы помимо компонент воздушного сопротивления.*

Ключевые слова: *аэродинамика, труба, поток, сила, эксперимент, автомобиль, масштаб.*

Введение. В настоящее время в связи с развитием автомобилестроения наблюдается повышенный интерес к вопросам, связанным с аэродинамикой транспортных средств.

При отсутствии математической теории поведения автомобиля в скоростном воздушном потоке основными экспериментальными подходами являются дорогостоящие натурные эксперименты и исследования, проводимые в аэродинамических трубах различных конструкций, принципом работы которых является принцип обращенного движения (принцип относительности Галилея) [1, с. 2].

Особенно важными при исследовании движения легкового автомобиля являются работы по определению составляющих аэродинамического сопротивления – лобового, профильного, индуктивного и др., предположительно не являющихся постоянными величинами [2, с. 3].

Поэтому, применение аэродинамических труб, как масштабированных, так и полноразмерных, для получения экспериментальных данных с целью определения оптимальных форм проектируемых автомобилей и для решения задач тюнинга по улучшения эксплуатационных и динамических характеристик уже существующих транспортных средств является целесообразным, технически необходимым и экономически оправданным подходом [2, с. 3].

Методология. Аэродинамическая труба есть средство, позволяющее выявить результат взаимодействия движущегося ламинарного воздушного потока и находящегося в нем исследуемого тела [3, с. 24]. Движение воздушного потока в трубе обеспечивает габаритный вентилятор, работающий на приводе электродвигателя.

Перед рабочей частью устанавливается сопло (конфузор) для того, чтобы разогнать воздушный поток до определенной скорости. В конфузоре размещаются выпрямляющие решетки, задача которых изменить проходящий через них турбулентный поток воздуха на ламинарный. В аэродинамической трубе степень турбулентности не должна превышать 1% [4, с. 137].

Устанавливается исследуемый объект непосредственно на платформе в рабочей части трубы. Рабочая часть может быть незамкнутой, замкнутой и с небольшими щелевыми отверстиями для отвода воздуха, что позволяет уменьшить обратный поток воздуха и избежать вихреобразования. Платформа может быть, как подвижной, имитирующей движение автомобиля по дороге, так и не подвижной.Она позволяет разворачивать модель на произвольный угол по отношению к продольной оси трубы.

В рабочей части трубы устанавливаются специализированные шестикомпонентные самобалансирующиеся весы, которые считывают информацию о действиях всех сил и моментах на испытуемый автомобиль.

За рабочей частью устанавливается диффузор, который служит для преобразования кинетической энергии в энергию давления [5, с. 176].

Суть трубного эксперимента заключается в следующем: установленный в аэродинамической трубе вентилятор с приводом электродвигателя создает необходимый поток воздуха, который в свою очередь обтекает исследуемую модель автомобиля, помещенную в рабочей части трубы. Нагнетаемый электродвигателем воздух проходит через конфузор, увеличивая скорость за счет уменьшения проходного сечения. Затем поток воздуха проходит через выпрямляющие решетки для уменьшения турбулентности.

Основная часть. В зависимости от поставленной задачи аэродинамические трубы бывают: дозвуковые, трансзвуковые, сверхзвуковые, гиперзвуковые [6, с. 43]. В автомобилестроении и для решения задач тюнинга применяются дозвуковые трубы.

Также трубы классифицируют по расположениюконтура (пути движения воздушного потока) – открытая (рис.1) и замкнутая (рис.2).

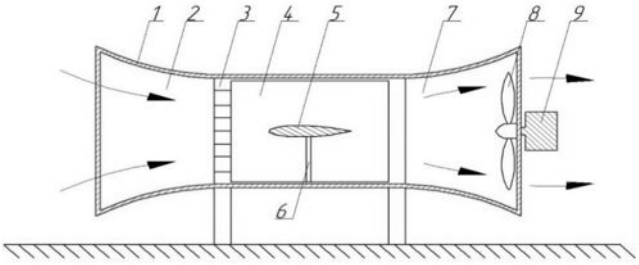


Рис. 1. Принципиальная схема открытой дозвуковой аэродинамической трубы: 1 – корпус; 2 – конфузор; 3 – выпрямляющие решетки; 4 – рабочая часть; 5 –исследуемая модель; 6 – измерительная система; 7 – диффузор; 8 – вентилятор; 9 – электродвигатель

В дозвуковых аэродинамических трубах проводятся эксперименты по исследованию аэродинамических параметров наземных транспортных средств, дозвуковых летательных аппаратов, а также изучаются ветровые нагрузки зданий, мостов и даже спортивного инвентаря [7, с. 4].

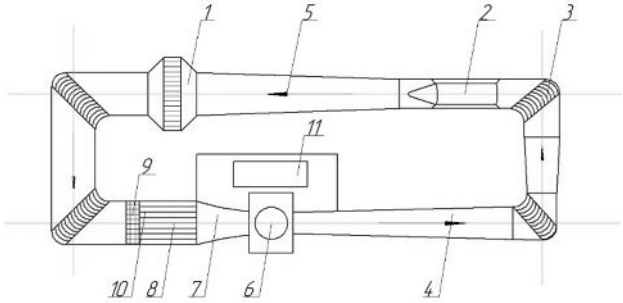


Рис. 2. Принципиальная схема замкнутой дозвуковой аэродинамической трубы: 1 – теплообменник; 2 – электродвигатель; 3 – поворотные лопатки; 4 – диффузор; 5 – направление воздушного потока; 6 – рабочая часть; 7 – конфузор; 8 – сетки; 9 – выпрямляющие решетки; 10 – форкамера; 11 – пульт управления

Трубы открытого типа наиболее практичны, так как обеспечивают беспрепятственный доступ к моделям и различным приборам.

В настоящее время наиболее известны трубы открытого типа MIRA (Англия) и Pininfarina (Италия).

Главным отличием трубы замкнутого типа от трубы открытого является наличие обратного канала, создающего для воздуха замкнутый контур, но и у трубы замкнутого типа рабочая часть может выполняться открытой.

Известны трубы замкнутого типа с открытой рабочей частью BMW (Германия), FiatCRF (Италия), Volkswagen (Германия), Т-104 (Россия).

Трубы замкнутого типа с закрытой рабочей частью представлены концернами Toyota (Япония), General Motors (США), Honda (Япония), Nissan (Япония), Opel (Германия), ПАДТ ВАЗ (Россия).

Особенное место среди аэродинамических труб занимают масштабированные ПАДТ ВАЗ (Россия), Т-1К КАИ (Россия), Porsche (Германия) [8, с. 35].

Классическим примером масштабированной аэродинамической трубы открытого типа является итальянская установка PN62D (рис. 3), разработанная компанией Didacta Italia и предназначенная для изучения вопросов, связанных с поведением различных аэродинамических моделей в воздушном потоке с дозвуковой скоростью.

Данная модель масштабированной аэродинамической трубы обладает внушительными характеристиками, корпусом из стекловолокна с прозрачной плексигласовой рабочей частью; визуализатором потока из шерстяных нитей; трехкомпонентными электронными весами; диаметром рабочей части: 290мм, скоростью вентилятора: 2570 об/мин; скоростью воздушного по-

тока: от 168 до 270 м3/мин; давлением в испытательной камере: 15/65мм водяного столба; трехфазным асинхронным мотором с инвертором для регулировки скорости, мощностью 3кВт, скоростью вращения от 0 до 2900об/мин.

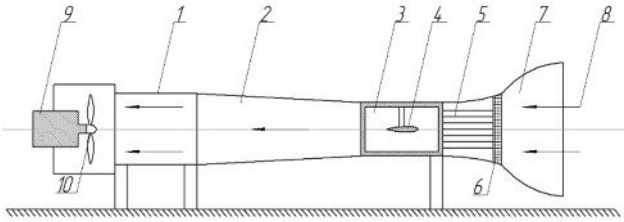


Рис. 3. Принципиальная схема итальянской установки PN62D: 1 – корпус; 2 – конфузор; 3 – рабочая часть; 4 – исследуемая модель; 5 – сетки; 6 – выпрямляющие решетки; 7 – диффузор; 8 – направление воздушного потока; 9 – электродвигатель; 10 – нагнетающий вентилятор

Также существует ряд испытаний моделей автомобилей, для которых необходима аэроклиматическая труба, в которой проводятся исследования влияний различных погодных условий на основные узлы и агрегаты проектируемого автомобиля. Такие трубы могут быть только закрытого типа для того, чтобы постоянно поддерживать определенную температуру в рабочей части трубы [9, с. 5].

На кафедре «Транспортных процессов и технологий» ВГУЭС в лаборатории «Компьютерной диагностики и инструментального контроля» разработана масштабированная аэродинамическая труба, которая в настоящее время используется для решения задач тюнинга легковых автомобилей (рис. 4).

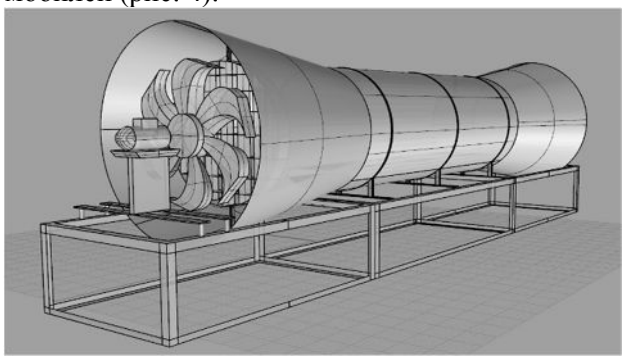


Рис. 4. Общий вид испытательной установки на базе лаборатории «Компьютерной диагностики и инструментального контроля» ВГУЭС

Испытательная установка состоит из: несущей многопролетной рамы; масштабированной аэродинамической трубы; электродвигателя; нагнетающего вентилятора; двух диффузоров; выпрямляющей решетки; неподвижной платформы с масштабированной моделью автомобиля; датчиков скорости потоков воздуха и измерительной системы (рис. 5).

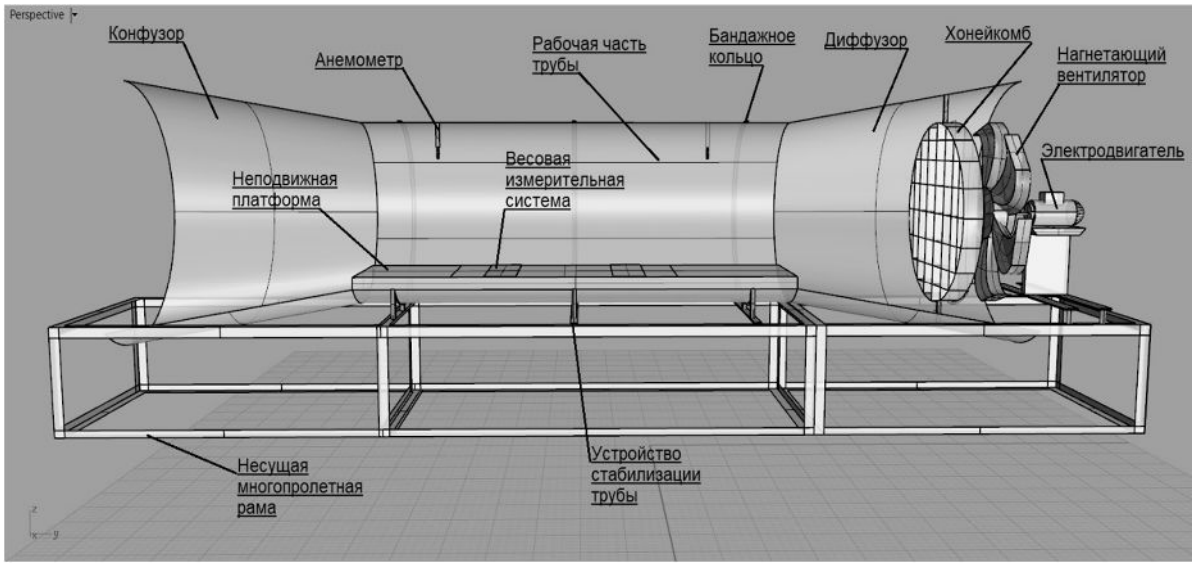


Рис. 5. Конструкция испытательной установки

Испытательная масштабированная аэродинамическая труба изготовлена из листа оргстекла и усилена тремя металлическими бандажными кольцами толщиной 0,2мм. Представляет собой пустотелый цилиндр с неподвижной платформой для исследуемой модели, в перспективе с бегущей лентой для имитации дороги и вращения колес.

Несущая конструкция представляет собой многопролетную раму, изготовленную из стальных уголков 50х50мм и соединенных между собой сварными швами. Несущая конструкция является основанием аэродинамической трубы и элементов механического привода. К бандажным кольцам прикреплена стержневая система стабилизации аэродинамической трубы, соединенная с

помощью сайлентблоков с рамой для гашения вибраций и колебаний, создаваемых вентилятором и электродвигателем. Основой системы стабилизации являются стальные стержни диаметром 6мм и сайлентблоки резиново-металлические с диаметром наружной обоймы 30 мм.

Диффузоры предназначены для плавного расширения воздушного потока и превращения за счет этого кинетической энергии в энергию давления воздуха. Основным параметром диффузора является угол раскрытия, который определяет степень расширения воздушного потока [10, с. 71]. Диффузоры представляют собой усеченные конусы, изготовленные из оцинкованного железа толщиной 0,1мм.

Подвесной шестилопастной нагнетающий осевой вентилятор серии HDB/HDT изготовлен из алюминия, закреплен с помощью резьбового соединения с ведущим валом установки. Посадочный диаметр вентилятора – 21 мм, производительность – 2640 м^3/ч, высота – 400 мм, ширина – 400 мм.

Двигатель АПН011/2 –силовой, трехфазный, асинхронный, используется в связи с широкими возможностями регулирования частоты вращения. Оболочка двигателя выполнена из специального высокопрочного алюминиевого сплава, кожух вентилятора – стальной. Номинальная мощность – 0,8 кВт, номинальная частота вращения – 3000 об/мин, диаметр выходного вала – 10 мм.

Для изменения частоты вращения нагнетающего вентилятора применен привод электродвигателя, состоящий из двухступенчатого металлического шкива диаметром – 50 мм и 150 мм, а также круглого резинового ремня, длина ремня – 925 мм.

В основу эксперимента положена масштабированная радиоуправляемая модель автомобиля Subaru Impreza (рис. 6), имеющая электрический двигатель и оснащенная полным приводом, масляные амортизаторы с пружинами, шасси особой прочности и специальные шины [11, с. 5].

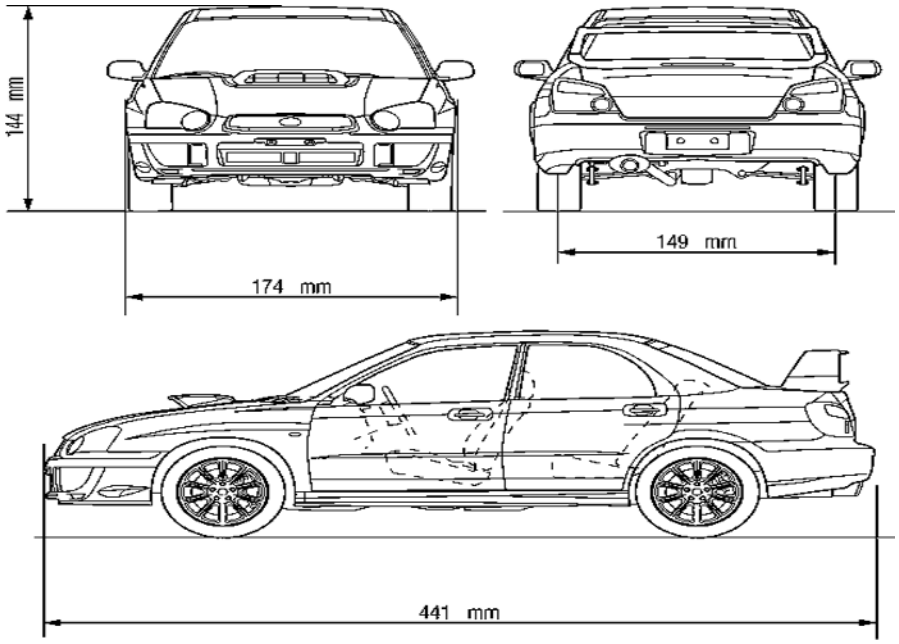


Рис. 6. Исследуемая модель автомобиля

Разработанные конструкции антикрыльев отличаются высокой функциональностью и особым дизайном (рис. 7, 8, 9). Угол атаки заднего антикрыла можно изменять самостоятельно в диапазоне от 5 до 25°. На высокой скорости антикрыло создает дополнительную прижимную силу, что улучшает управляемость и позволяет добиться стабильных траекторий при прохождении поворотов и виражей [12, с. 128].

Основные характеристики разработанных антикрыльев: размеры: 200×50 мм; высота над установочной поверхностью: 30 мм; расстояние между креплениями: 60 мм; регулируемый угол атаки; материал - пластик. Разработанные конструкции антикрыльев отличаются высокой функциональностью и особым дизайном (рис. 7, 8, 9). Угол атаки заднего антикрыла можно изменять самостоятельно в диапазоне от 5 до 25°. На высокой скорости антикрыло создает дополнительную прижимную силу, что улучшает управляемость и позволяет добиться стабильных траекторий при прохождении поворотов и виражей [12, с. 128].

Основные характеристики разработанных антикрыльев: размеры: 200×50 мм; высота над установочной поверхностью: 30 мм; расстояние

между креплениями: 60 мм; регулируемый угол атаки; материал – пластик.

Рис. 7. Исследуемое антикрыло №1

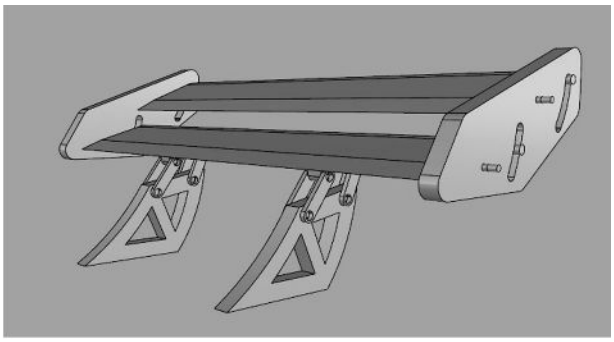


Рис. 8. Исследуемое антикрыло №2

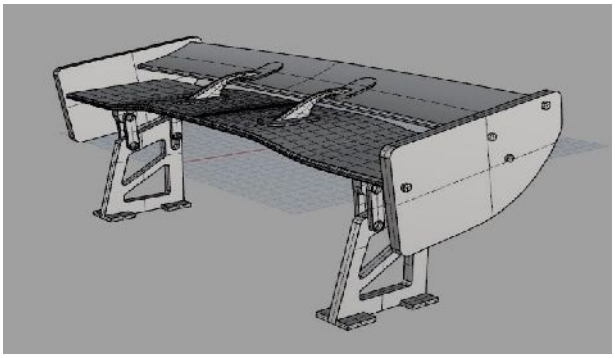


Рис. 9. Исследуемое антикрыло № 3

Установленный в трубе вентилятор создает поток воздуха, обтекающий масштабированную модель, помещенную в рабочей части трубы. Поступающий в трубу воздух проходит через диффузор (или сопло), увеличивающее скорость воздушного потока вследствие плавного уменьшения проходного сечения. Для создания равномерного течения потока при входе его в рабочую часть трубы и уменьшения турбулентности перед диффузором установлены специальные выпрямительные решетки. Силы и моменты, действующие на исследуемую модель автомобиля, замеряют при помощи специальных датчиков весового и скоростного типа. Конструкция обеспечивает поддержание в рабочей части трубы области воздушного потока возможно большего сечения, в которой сохранялось бы поле равномерных прямолинейных скоростей, а область снижения скоростей была бы возможно меньшей. Градиент статического давления по всей длине рабочей части отсутствует, что позволяет сохранять условия испытания различных частей автомобиля равноценными и обеспечивать колебания скорости воздушного потока не более 1 % [13, с. 6].

При проведении эксперимента в аэродинамической трубе предельные углы атаки антикрыльев подобраны из соображений расчетного прямолинейного движения (экономичность + скорость + подъемная сила + наименьшее сопротивление и т.п.) и составляют максимально половину критического и равны 12°.

Особое внимание уделяется определению экономического угла атаки, при котором сопротивление крыла минимально, что позволяет достичь большей скорости при прочих равных условиях.

При проведении трудоемких по исполнению экспериментальных работ актуальным представляется осуществление планирования, позволяющее существенно снизить количество параллельных опытов без снижения достоверности результатов [14, с. 18].

При выборе факторов планирования учитывались следующие требования: факторы должны быть управляемыми; интервалы варьирования факторов должны быть гораздо больше точности замеров; факторы, должны быть однозначны, не быть функциями других факторов; факторы должны быть совместимы; факторы должны быть независимы друг от друга; множество факторов должно быть полным и достаточным.

Выбор плана проведения экспериментов при помощи результатов предварительных замеров показал наиболее оптимальный в данном случае трехуровневый план Бокса-Бенкина, при использовании которого рассматриваются 3 уровня варьирования факторов (-1, 0, +1) [15, с. 389].

Для определения минимального числа параллельных опытов было сделано предположение о том, что результаты измерений подчиняются нормальному закону распределения. Проверка закона распределения была проведена с использованием критерия Шапиро и Уилка для малых выборок.

Факторы варьировались следующим образом:

X1 (скорость набегающего потока воздуха) от 20 до 40 м/с;

X2 (угол атаки крыла) от 1° до 25°;

X3 (ширина крыла) от 20 мм до 30 мм;

X4 (длина крыла) от 1500 мм до 2000 мм.

В результате проведения экспериментов по приведенному выше плану получены для масштабированной модели с разработанным комплектом антикрыльев следующие зависимости (рис. 10, 11, 12, 13):

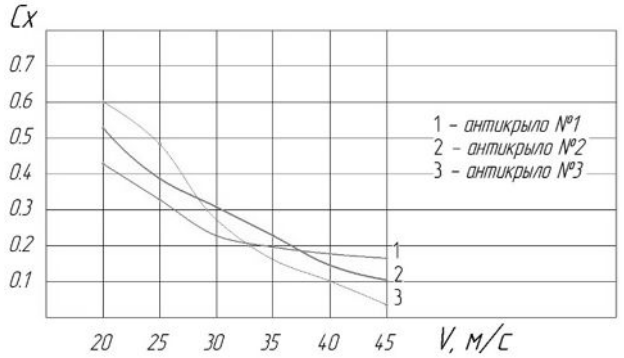


Рис. 10. Зависимость изменения величины коэффициента лобового сопротивления от скорости набегания потока (угол атаки 15°)

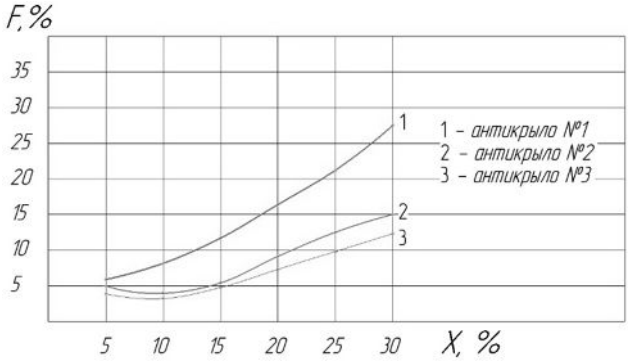


Рис. 12. Зависимость изменения величины прижимной силы от коэффициента ширины крыла (угол атаки 15°, скорость 40 м/с)

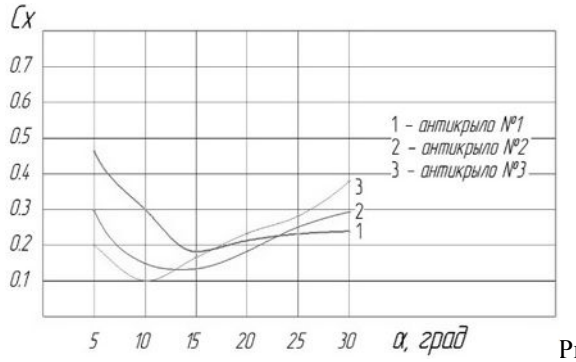


Рис. 11. Зависимость изменения величины коэффициента лобового сопротивления от величины угла атаки антикрыльев (скорость 40 м/с)

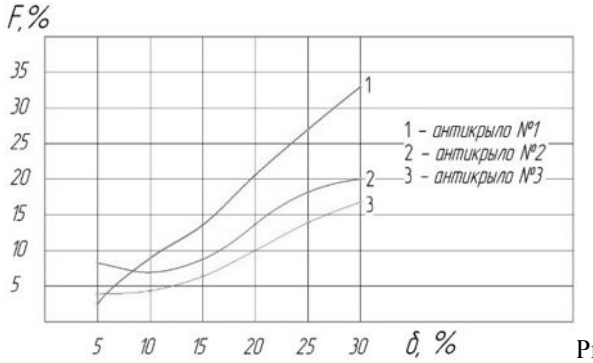


Рис. 13. Зависимость изменения величины прижимной силы от коэффициента длины крыла (угол атаки 15°, скорость 40 м/с)

Выводы. В ходе выполнения работы над созданием масштабированной аэродинамической трубы были рассмотрены и изучены конструкции подобных экспериментальных установок разных производителей и учтен опыт организации проведения экспериментов по определению компонент воздушного сопротивления моделей автомобилей с их использованием.

В результате проведения экспериментов установлены зависимости изменения лобового сопротивления и прижимной силы модели автомобиля от скорости набегающего потока для трех моделей антикрыльев при различных углах атаки; изменения лобового сопротивления и прижимной силы модели автомобиля от величины угла атаки при различных значениях скоростей; изменения величины прижимной силы модели автомобиля от изменения ширины крыла; изменения прижимной силы от длины крыла.

Полученные зависимости могут быть использованы для решения узкоспециализированных задач тюнинга легкового автомобиля Subaru Impreza, масштабированная модель которого была использована в исследованиях.

Анализ выше представленных зависимостей позволяет сделать заключение о возможности и целесообразности получения новых способов определения составляющих аэродинамического сопротивления моделей легковых и грузовых автомобилей при изменении геометрических характеристик моделей – профильное, индуктивное и донное, имеющих значительное влияние на поведение транспортных средств на дороге.

Результаты данной работы помимо практической имеют теоретическую значимость, т.к. способствуют разработке аэродинамической теории поведения автомобилей, которая в настоящее время находится в зачаточном состоянии по сравнению с теорией летательных аппаратов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бернацкий В.В., Острецов А.В. Развитие аэродинамики автомобиля как науки [Электронный ресурс] // НИЦ ИНФРА-М: Научная мысль. 2015. URL: https://studref.com/327442/tehnika/razvitie_aerodinamiki_avtomobilya_nauki

2. Мустафаев, И.С., Чубенко Е.Ф. Влияние внешнего дизайна автомобиля на аэродинамические характеристики [Электронный ресурс] // Электронный сборник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2017. № 19. URL: http://show.vvsu.ru/conf Сборник ИНТ П_Т4 2017.pdf

3. Белогуров Е.А. Определение силы аэродинамического сопротивления автомобиля дорожным методом // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. № 4. 2014. 191 с.

4. Гухо В.Г. Сопротивление воздуха при движении легковых автомобилей. Аэродинамика автомобиля. Москва. 1987, 422с.

5. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. Ленинград: 1974, 480 с.

6. Евграфов А.Н. Аэродинамика автомобиля. Учебное пособие. Москва: 2010, 356 с.

7. Бернацкий В.В., Острецов А.В. Аэродинамические трубы [Электронный ресурс] // НИЦ ИНФРА-М: Научная мысль. 2015. URL:https://studref.com/327448/tehnika/aerodinamicheskie_truby

8. Королев Е.В., Жамалов Р.Р., Котин А.И. Аэродинамические трубы как инструмент исследования // Вестник НГИЭИ. Княгинино:2012. № 12. 122 с.

9. Бернацкий В.В., Острецов А.В. Испытания автомобиля в аэродинамических трубах [Электронный ресурс] // НИЦ ИНФРА-М: Научная мысль. 2015. URL: https://studref.com/327449/tehnika/ispytaniya_avtomobilya_aerodinamicheskih_trubah.

10.Михайловский Е.В. Аэродинамика автомобиля. Учебное пособие. Москва: 1972, 224 с.

11.Мустафаев, И.С., Чубенко Е.Ф. Некоторые вопросы построения масштабированных аэродинамических труб и перспективы их применения в тюнинге автомобиля [Электронный ресурс] // Электронный сборник Международного журнала прикладных и фундаментальных исследований. 2018. №2. URL: http://applied-research.ru/ru/article/view?id=12103.

12.Бекман В.В. Гоночные автомобили. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: 1980, 320 с.

13.Мустафаев И.С., Чубенко Е.Ф. Определение компонент полного воздушного сопротивления масштабированной модели легкового автомобиля на основе экспериментов в аэродинамической трубе [Электронный ресурс] // Электронный сборник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2017. №19. URL: http://show.vvsu.ru/conf Сборник ИНТ 2018.pdf

14.Петрушов В.А. Новый метод определения сопротивления движению автомобиля. Автомобильный транспорт. Москва: 1982, № 11. 48 с.

15.Пэнкхерст Р., Холдер Д. Техника эксперимента в аэродинамических трубах. Иностранная литература. Москва: 1955, 677с.

Информация об авторах

Чубенко Елена Филипповна, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных процессов и технологий. E-mail: elena.chubenko@inbox.ru. Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. Россия, 690068 г. Владивосток, ул. Гоголя д. 41.

Мустафаев Исмаил Сергеевич, бакалавр кафедры транспортных процессов и технологий. E-mail: freestyle.wrestler@mail.ru. Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. Россия, 690068 г. Владивосток, ул. Гоголя д. 41.

Поступила в августе 2018 г.

© Мустафаев И.С., Чубенко Е.Ф., 2018

[1]Mustafaev I.S., [1,]*Chubenko E.F.

[1]Vladivostok State University of Economics and Service
Russia, 690068 Vladivostok, Gogol str., 41
**E-mail: freestyle.wrestler@mail.ru*

MODIFICATION OF WIND TUNNELS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY AND THE RESULTS OF DETERMINATION OF COMPONENT AIR RESISTANCE

Abstract. *The wind tunnels are used to investigate the aerodynamic characteristics of vehicles and to determine the most optimal body types at the design stage in order to improve handling, to increase the maximum speed, power, dynamism, stability, comfort, as well as environmental friendliness and fuel economy. It is used to establish various components of air resistance, which have a direct impact on the vehicle's behavior. Currently, to solve the highly specialized engineering tuning tasks and to obtain primary experimental data for design, the most common approaches are using reduced wind tunnels for testing scaled models of vehicles. It simplifies and accelerates the result, economically reduces the cost of the experiment and allows to achieve the most effective and accurate solutions comparable to the capabilities of field experiments. This paper pre-*

sents modifications of some modern full-sized and scaled wind tunnels. It describes the operation of the aerodynamic complex as a whole. The design of open-circuit wind tunnel is developed on the basis of the Department of "Transport processes and technologies" of the "Computer diagnostics and tool control" laboratory in the Vladivostok State University of Economics and Service for the study of scaled models of vehicles. Obtained experimental results are presented. According to the results, the degree of influence of the position parameters on the aerodynamic characteristics of the Subaru Impreza model with variable attachments is determined. The description of the developed designs of anti-wings with controlled angles of attack is given. It is made by 3D modeling methods to study the influence of downforce in addition to air resistance components.

Keywords: *aerodynamics, pipe, flow, force, experiment, vehicle, scale.*

REFERENCES

40. Bernatsky V.V., Ostretsov A.V. Development aerodynamics of the car as a science. NITS INFRA-M: Scientific thought, 2015. Available at:https://studref.com/327442/tehnika/razvitie_aerodinamiki_avtomobilya_nauki

41. Mustafayev I.S., Chubenko E.F. influence of external design of the car on aerodynamic characteristics. Electronic collection of the Vladivostok state University of Economics and service, 2017, no. 19. Available at: ,http://show.vvsu.ru/conf Сборник ИНТП_Т4 2017.pdf

42. Belogurov E.A. Determination of forces of aerodynamic resistance of automobile travel method. Bulletin of Donetsk Academy of road transport, 2014, no 4, 191 p.

43. Guha V.G. Air resistance when driving cars. Aerodynamics of the car. Moscow: 1987, 422 p.

44. Povkh I.L. Aerodynamic experiment in mechanical engineering. Leningrad: 1974, 480 p.

45. Evgrafov A.N. Aerodynamics of the car. Textbook. Moscow, 2010, 356 p.

46. Bernatsky V.V., Ostretsov V.A. Wind tunnel. NITS INFRA-M: Scientific thought, 2015. Available at: https://studref.com/327448/tehnika/aerodinamicheskie_truby

47. Korolev E.V., Zhamalov R.R., Kotin A.I. Wind tunnels as a research tool. Bulletin of NGIEI. Princess: 2012, no. 12, 122 p.

48. Bernatsky V.V., Ostretsov A.V.Tests of the car in wind tunnels. NITS INFRA-M: Scientific thought, 2015. Available at:https://studref.com/327449/tehnika/ispytaniya_avtomobilya_aerodinamicheskih_trubah

49. Mikhailovsky E.V. Aerodynamicsofthecar. Textbook. Moscow: 1972, 224 p.

50. Mustafayev I.S., Chubenko E.F. Some questions of construction of the scaled wind tunnels and prospects of their application in tuning of the car. Electronic collection of the international journal applied and fundamental research, 2018, no. 2. Available at:http://applied-research.ru/ru/article/view?id=12103

51. Beckman V.V. Racing cars. Third edition. Leningrad, 1980, 320 p.

52. Mustafayev I.S., Chubenko E.F. Determination of the components of the total air resistance of a scaled model of a car on the basis of experiments in the wind tunnel. Electronic collection of the Vladivostok state University of Economics and service, 2017, no. 19. Available at: http://show.vvsu.ru/conf Сборник ИНТ 2018.pdf

53. Petrushov V.A. Anew method of determining the resistance to movement of the car. Road transport. Moscow: 1982, no. 11, 48 p.

54. Pankhurst R., Holder D. The technique of experiment in wind tunnels. Foreign literature. Moscow,1955, 677 p.

Information about the authors

Mustafaev, **Ismail S.** Bachelor student. E-mail: olga.koalchenko@mail.ru. Vladivostok State University of Economics and Service. Russia, 690068 Vladivostok, Gogol str., 41.

Chubenko, **Elena F.** PhD, Assistant professor. E-mail: elena.chubenko@inbox.ru. Vladivostok State University of Economics and Service. Russia, 690068 Vladivostok, Gogol str., 41.

Received in August 2018

Для цитирования:

Мустафаев И.С., Чубенко Е.Ф. Модификации аэродинамических труб в автомобилестроении и результаты определения компонент воздушного сопротивления // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 114–121. DOI: 10.12737/article_5bf7e35b205829.65303552

For citation:

Mustafaev I.S., Chubenko E.F. Modification of wind tunnels in the automotive industry and the results of determination of component air resistance. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 114–121. DOI: 10.12737/article_5bf7e35b205829.65303552

DOI: 10.12737/article_5bf7e35c330984.80260733

[1,*]Семикопенко И.А., [1]Воронов В.П., [1]Беляев Д.А., [1]Ханин С.И.
[1]Белгородский государственный технологический университет им. Шухова
Россия, 208012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
*E-mail: semikopenko.ia@ bstu.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ ВЫХОДА ЧАСТИЦЫ МАТЕРИАЛА В ТАНГЕНЦИАЛЬНЫЙ ПАТРУБОК ДЕЗИНТЕГРАТОРА

Аннотация. *В настоящее время дезинтеграторы являются одним из видов оборудования, применяемого при помоле, смешении и активации ряда материалов. Одним из преимуществ дезинтеграторов является возможность получения готового продукта с заданным гранулометрическим составом. При конструировании дезинтеграторов помимо участков интенсивного воздействия на измельчаемый материал необходимо определять рациональные конструктивные параметры загрузочных и разгрузочных узлов. Данные параметры должны учитывать скорость частиц, а также пропускную способность, как на входе в камеру помола, так и на выходе из неё. В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить условие выхода частицы материала в тангенциальный разгрузочный патрубок. Кроме этого, получено соотношение, определяющее функциональную зависимость радиуса равновесной траектории частицы материала в зависимости от диаметра частицы при фиксированных конструктивных h, R2 и технологических ρ, ω, f параметрах дезинтегратора. Представлена расчетная схема для определения условия выхода частицы в тангенциальный разгрузочный патрубок. Принято допущение о том, что в начале тангенциального разгрузочного патрубка (на расстоянии l0 от начала координат) скорость воздуха в тангенциальном разгрузочном патрубке равна нулю, а изменение скорости воздуха носит линейный характер. В результате проведенных теоретических исследований можно сделать вывод, что основное влияние на угловой размер тангенциального разгрузочного патрубка оказывают прежде всего частота вращения роторов и размер частицы готового продукта. Данные результаты дают возможность подобрать рациональные конструктивные и технологические параметры дезинтегратора с тангенциальным разгрузочным патрубком.*

Ключевые слова: *дезинтегратор, тангенциальный патрубок, материал.*

Введение. Дезинтеграторы являются одним из видов помольного оборудования, осуществляющего помол, смешение и активацию материалов [1]. Одной из задач, которую необходимо решить при проектировании корпуса дезинтегратора, является задача рационального конструктивного исполнения разгрузочных патрубков.

Рассматривая периферийную зону камеры помола, можно отметить, что с внешнего ряда ударных элементов в радиальном направлении происходит сход воздуха и частиц материала (рис. 1).

Согласно результату работы [1, 2] движение твердых сферических частиц диаметром d, плотностью ρ в радиальном направлении описывается уравнением:

$$\frac{d\vartheta_r}{dt} = \frac{\vartheta_\varphi^2}{r} + \frac{1}{\tau}(u_r - \vartheta_r), \quad (1)$$

где u_r – скорость воздуха в радиальном направлении, равная:

$$u_r = \omega\sqrt{2R_2h - h^2} \quad (2)$$

здесь ω – частота вращения роторов; h – высота ударного элемента; R_2 – радиус внешнего ряда ударных элементов.

Параметр, имеющий размерность времени:

$$\tau = \frac{\rho d^2}{18_\mu}, \quad (3)$$

здесь μ – динамическая вязкость воздуха.

Рассмотрим случай, когда

$$\frac{d\vartheta_r}{dt} = 0, \vartheta_\varphi = \omega r_\rho, \quad (4)$$

где r_p – радиус равновесной траектории вращательного движения частицы материала.

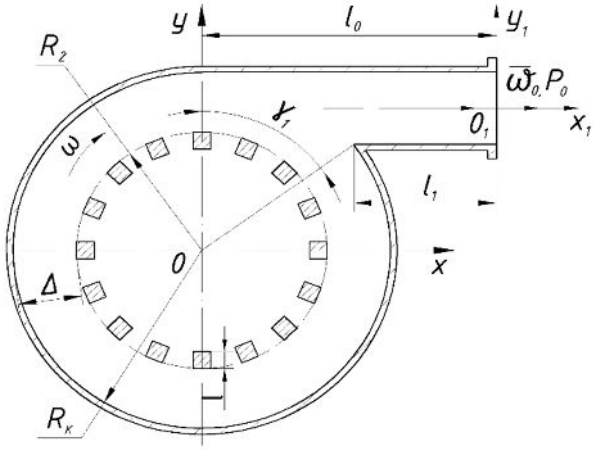


Рис. 1. Расчетная схема для определения условия выхода частицы в тангенциальный разгрузочный патрубок.

Соотношения (4) определяют условия выхода частицы материала на равновесную траекторию движения в случае, когда центробежная сила уравновешивается стоксовской силой сопротивления.

Согласно результатам работы [1] скорость частицы материала в радиальном направлении после схода с ударного элемента равна:

$$\vartheta_r = \frac{\omega R_2 (1 - \frac{l}{2R_2})}{2f}, \quad (5)$$

здесь R_2 – радиальное расстояние от оси вращения роторов до радиуса описанной окружности ударных элементов внешнего ряда (рис. 1); l – размер ударного элемента в радиальном направлении; f – коэффициент трения частицы о рабочую поверхность ударного элемента.

Основываясь на конструктивных размерах величин h, l, R_2, можно найти, что

$$\frac{h}{R_2} \ll 1 \text{ и } \frac{l}{2R_2} \ll 1. \quad (6)$$

С учетом соотношений (6) формулы (2) и (5) можно привести соответственно к следующему виду:

$$u_r = \omega R_2 \sqrt{\frac{2h}{R_2}}, \quad (7)$$

$$\vartheta_r = \frac{\omega R_2}{2f} \quad (8)$$

Применив соотношения (4) к (1) с учетом (7) и (8) находим, что

$$r_\rho = \frac{R_2 (\frac{1}{2f} - \sqrt{\frac{2h}{R_2}})}{\omega \tau}. \quad (9)$$

Подстановка (3) в (9) позволяет получить следующий результат:

$$r_\rho = \frac{18 \mu R_2 (\frac{1}{2f} - \sqrt{\frac{2h}{R_2}})}{\omega \rho d^2}. \quad (10)$$

Полученное соотношение (10) определяет функциональную зависимость радиуса равновесной траектории частицы материала в зависимости от диаметра частицы при фиксированных конструктивных h, R_2 и технологических ρ, ω, f параметрах.

Рассмотрим плоское движение частиц материала в плоскости, перпендикулярной оси вращения роторов дезинтегратора. В рассматриваемой плоскости введем две декартовые системы координат xoy (см. рис. 1) для описания движения частиц в области $R_2 < r < R_k$ и xoy для описания движения частиц в тангенциальном разгрузочном патрубке, выполненном в форме прямоугольной призмы.

Согласно результату работы [3], скорость истечения воздуха из тангенциального разгрузочного патрубка определяется соотношением

$$w_0 = \varphi \sqrt{\frac{p - p_0}{\rho_0}}, \quad (11)$$

где φ – коэффициент скорости, равный 0,668; p – давление воздуха в корпусе дезинтегратора; p_0 – наружное давление; ρ_0 – плотность воздуха в камере помола дезинтегратора.

Считаем, что в начале тангенциального разгрузочного патрубка (на расстоянии l_0 от начала координат xoy) скорость в тангенциальном разгрузочном патрубке равна нулю, а изменение скорости воздуха носит линейный характер. Вследствие этого можно получить следующее соотношение:

$$w(x_1) = \frac{x_1 + l_0}{l_0} w_0. \quad (12)$$

Учитываем, что связь между координатами при параллельном переносе устанавливается соотношениями:

$$x_1 = x - l_0; y_1 = y - R_2 - \Delta/_2, \quad (13)$$

где $\Delta = R_k - R_2$.

Поэтому выражение (12) в системе координат xoy принимает вид:

$$w(x) = \frac{x}{l_0} w_0. \quad (14)$$

Частица материала, находящаяся на равновесных траекториях (10), попадает в тангенциальный разгрузочный патрубок, имеющий угловой размер γ, если за время прохождения углового размера γ, равного γ/ω в направлении оси ox будет пройдено расстояние большее или равное величине $l_0 - l_1$. Поэтому

$$\omega r_\rho \cdot \sin\gamma + w(x = l_0 - l_1)] \cdot \frac{\gamma}{\omega} \geq l_0 - l_1. \quad (15)$$

Учитывая, что согласно расчетной схеме на рис. 1

$$\sin\gamma = \frac{l_0 - l_1}{R_k} = \frac{l_0 - l_1}{R_2 + \Delta}. \quad (16)$$

С учетом (14) и (16) соотношение (15) можно привести к следующему виду:

$$\gamma \geq \frac{\omega}{\frac{\omega r_\rho}{R_2 + \Delta} + \frac{w_0}{l_0}}. \quad (17)$$

Таким образом, полученное условие (17) определяет угловой размер тангенциального разгрузочного патрубка в зависимости от конструктивных и технологических параметров дезинтегратора.

Из графической зависимости, представленной на рис. 2, можно заключить, что угловой размер тангенциального разгрузочного патрубка

дезинтегратора зависит в первую очередь от частоты вращения роторов и размеров частиц готового продукта. Так, при увеличении ω с 0,25 до 0,35 γ увеличивается с 0,04 до 0,054 радиан.

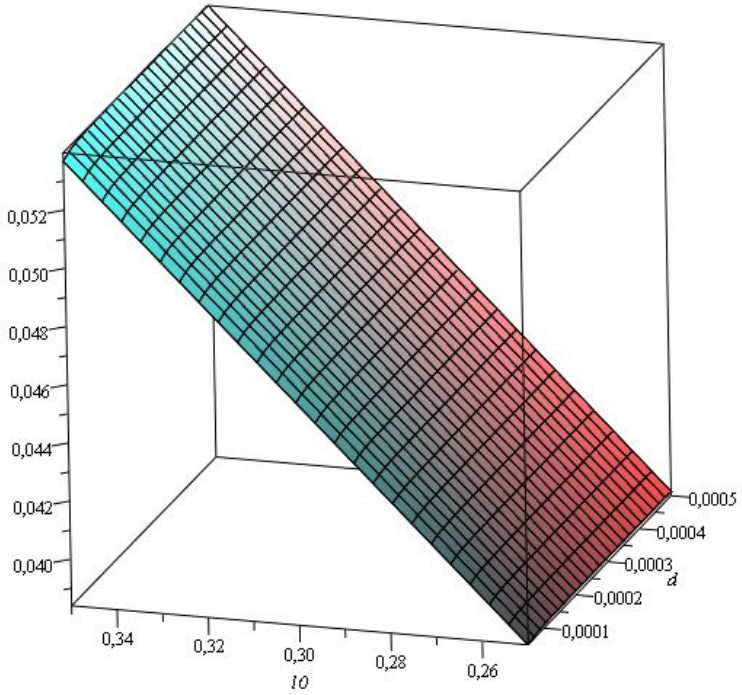


Рис. 2. Зависимость углового размера тангенциального патрубка от частоты вращения роторов и диаметра частицы материала

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.

2. Волков Р.А., Гнутов А.Н., Дьячков В.К. Конвейеры: Справочник / Р. А. Волков, А. Н, Гнутов, В. К. Дьячков и др, Под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л.; Машиностроение, 1984. 367 с.

3. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С. Расчет оптимального диаметра шнекового питателя для подачи материала в камеру помола дезинтегратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 85–87.

4. Кухлинг К. Справочник по физике. 2 изд. М.: Мир, 1985. 520 с.

5. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. № 11-12. 2008. С. 93–96.

Информация об авторах

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования. E-mail: semickopencko.i@yandex.ru, semikopenko.ia@ bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Беляев Денис Александрович, аспирант, кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ханин Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А., Ханин С.И., 2018

[1,] ***Semikopenko I.A.**, [1]**Voronov V.P.**, [1]**Belyaev D.A.**,[1]**Hanin S.I.**
[1]*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
**E-mail: semickopencko.i@yandex.ru; semikopenko.ia@ bstu.ru*

DETERMINATION THE EXIT OF MATERIAL PARTICLES TO TANGENTIAL PIPE OF THE DISINTEGRATOR

Abstract. *Disintegrators are used today as an equipment for grinding, mixing and activation of a number of materials. Disintegrators' advantage is a possibility to obtain a finished product with a given grain-size composition. The design parameters of loading and unloading units must be determined during engineering the disintegrator, aside from areas of intense exposure to the ground material. These parameters should include the particles' speed and the throughput of an entrance and exit of grinding chamber. The article provides an analytical expression that allows to determine the exit of material particle into the tangential discharge pipe. In addition, the ratio is obtained that determine functional dependence of an equilibrium path of the material particle depending on the particle diameter at fixed structural h, R2 and technological ρ, ω, f parameters of the disintegrator. A calculation scheme for determining the conditions of the particle exit into the tangential discharge pipe is presented. It is assumed that at the beginning of the tangential discharge pipe (at a distance l0 from the origin) the air velocity in the tangential discharge pipe is zero, and the change in air velocity is linear. In the result of theoretical studies, it is concluded that the rotor speed and the particle size of the finished product affect the angular size of the tangential discharge pipe. These results allow selecting rational design and technological parameters of the disintegrator with a tangential discharge pipe.*

Keywords: *disintegrator, tangential pipe, material.*

REFERENCES

1. Hint I.A. Basics of production of silicalcitic products. Moscow: Stroiizdat. 1962, 636 p.
2. Volkov RA, Gnutov AN, Dyachkov V.K. Conveyors: Reference book. Under general. Ed. A. A. Perten. L .; Mechanical Engineering, 1984, 367 p.
3. Semikopenko IA, Voronov VP, Yurchenko AS Calculation of the optimal diameter of the screw feeder for feeding the material into the grinding chamber of the disintegrator. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017. no. 3, pp. 85–87.
4. Kuhling K. Handbook of Physics. 2 ed. - Moscow: Mir. 1985, 520 p.
5. Voronov VP, Semikopenko IA, Penzev P.P. Theoretical studies of the velocity of material particles along the surface of a shock element of a disintegrator type. Izvestiya VUZov. Building, № 11-12, 2008, P. 93-96.

Information about the author
Semikopenko, Igor A. PhD, Assistant professor. E-mail: semickopencko.i@yandex.ru, semikopenko.ia@ bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Voronov, Vitaliy P. PhD, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46. E-mail: semikopenko.ia@ bstu.ru.

Belyaev, Denis A. Postgraduate student. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Hanin, Sergey I. DSc, Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in Sebtember 2018

Для цитирования:
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А., Ханин С.И. Определение условия выхода частицы материала в тангенциальный патрубок дезинтегратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 122–125. DOI: 10.12737/article_5bf7e35c330984.80260733

For citation:
Semikopenko I.A., Voronov V.P., Belyaev D.A.? Hanin S.I.The definition of the exit particles of the material to the tangential inlet of the dizintegrator. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 122–125. DOI: 10.12737/article_5bf7e35c330984.80260733

DOI: 10.12737/article_5bf7e35d1bea94.75858552

[1,] ***Бурый Г.Г., [1]Потеряев И.К., [2]Скобелев С.Б., [2]Ковалевский В.Ф.**
[1]Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5
[2]Омский государственный технический университет
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11
**E-mail: buryy1989@bk.ru*

РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА С ИЗМЕНЕННОЙ МЕХАНИКОЙ КОПАНИЯ

Аннотация. *В статье представлена новая конструкция рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора с обратной лопатой. Актуальность темы статьи заключается в снижении затрат на строительство при соблюдении качества работ. Приведено назначение одноковшовых гидравлических экскаваторов с обратной лопатой и их потребность в строительстве. Представлены виды строительных материалов разрабатываемых одноковшовым гидравлическим экскаватором с обратной лопатой. Описаны способы снижения затрат на строительство. Одним из способов снижения затрат на строительство является повышение производительности одноковшовых гидравлических экскаваторов с обратной лопатой. Описаны способы повышения производительности одноковшовых гидравлических экскаваторов с обратной лопатой. Представлено описание конструкции существующего рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора с обратной лопатой. Приведен анализ сил действующих на ковш в процессе копания. Описаны силы сопротивления грунта на внутренней стенке ковша и способы их снижения. Приведена более рациональная механика копания грунта одноковшовым гидравлическим экскаватором с обратной лопатой. Представлены ее преимущества в сравнении с существующей механикой копания. Приведена конструкция рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора с обратной лопатой обладающая более рациональной механикой копания грунта. Представлены элементы рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора, позволяющие реализовать более рациональную механику копания. Описан принцип работы рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора с обратной лопатой обладающего более рациональной механикой копания. Представлено за счет чего достигается снижение затрат на строительство при использовании рабочего оборудования экскаватора с более рациональной механикой копания.*

Ключевые слова: *экскаватор, ковш, грунт, копание, конструкция, производительность.*

Введение. Строительство является одной из важнейших сфер экономики. В эту сферу вкладываются огромные средства из бюджета. В связи с этим актуальной задачей является снижение затрат на строительство при соблюдении качества выполняемых работ. На сегодняшний день невозможно представить строительство без дорожной и строительной техники. Данные машины выполняют перемещение, уплотнение, выравнивание и другие действия со строительными материалами. Наиболее распространенными строительными машинами являются экскаваторы. Одним из наиболее распространенных видов экскаваторов являются одноковшовые гидравлические экскаваторы с обратной лопатой. Данные машины осуществляют копание и перемещение сыпучих материалов, к которым можно отнести грунты различной фракции, щебень и т.д.

Основная часть. Основными мерами по снижению затрат на строительство являются снижение стоимости строительной техники и более рациональное ее использование. Снижение стоимости техники может выражаться в уменьшении материалоемкости машины или применением в конструкции более дешевых материалов [1, 2, 3]. Более рациональное использование может выражаться в экономии горюче-смазочных материалов и электроэнергии, а также в улучшении механики отдельных элементов машины.

Наиболее подвижным узлом одноковшового гидравлического экскаватора является его рабочее оборудование, рассмотрим его на примере экскаватора ЭО-4121 (рис.1).

В рабочее оборудование экскаватора ЭО-4121 входит: 1 – основная часть стрелы; 2 – промежуточная часть стрелы; 3 – отверстие для установки; 4 – гидроцилиндр рукояти; 5 – рукоять; 6 – гидроцилиндр поворота ковша; 7, 8, 11 – тяги; 9 – режущая кромка ковша; 10 – ковш; 12 – гидроцилиндр подъема и опускания стрелы [4, 5, 6, 7].

Основной операцией рабочего оборудования экскаватора является копание. Улучшение механики копания позволило бы без изменений характеристик гидропривода увеличить габаритные размеры ковша и, следовательно, объем зачерпываемого материала [8].

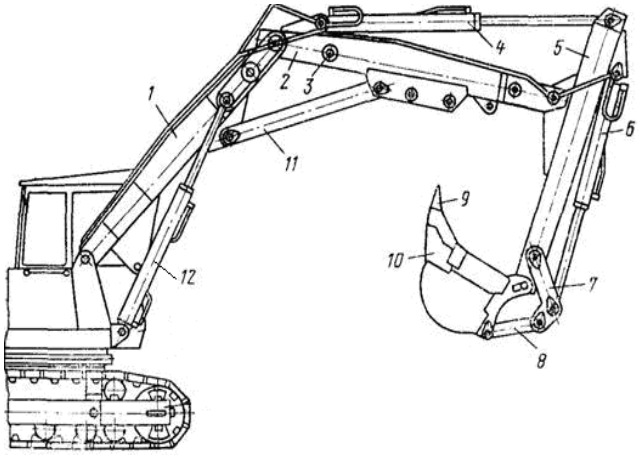


Рис. 1. Рабочее оборудование одноковшового экскаватора ЭО-4121

Рассмотрим силы, действующие на ковш, в процессе копания (рис. 2).

На рис. 2 представлены следующие силы: Р – сила прикладываемая гидроцилиндром поворота ковша; Р1 – сила сопротивления грунта на режущей кромке ковша; Р2 – сила сопротивления грунта на внутренней стенке ковша; Р3 – сила трения грунта по металлу.

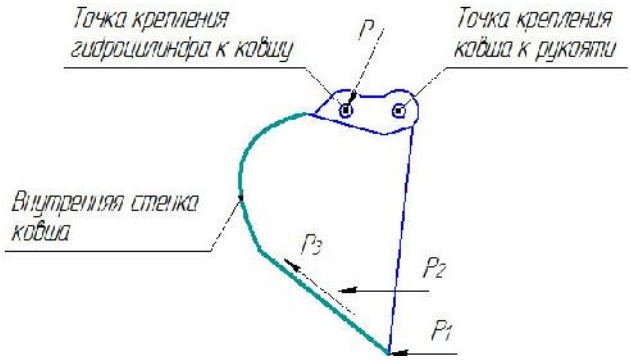


Рис. 2. Силы, действующие на ковш, в процессе копания

Из представленных сил наибольшее воздействие оказывает сила сопротивления Р2, действующая на внутреннюю стенку ковша. Сила сопротивления на режущей кромке неизбежна, также как и сила трения грунта по металлу. Рассмотрим подробнее силу Р2 и ее воздействие на внутреннюю стенку ковша в процессе копания.Уменьшение давления силы Р2 возможно путем изменения конструкции внутренней стенки, а также ее механики движения в процессе копания. Рассмотрим схему воздействия силы Р2 на внутреннюю стенку (рис. 3) [9].

В процессе копания внутренняя стенка ковша поворачивается вокруг крепления ковша к рукояти. При повороте сила Р2 направлена к стенке под углом α (рис. 3). Таким образом вектор силы Р2 воздействует на стенку частично и раскладывается на два вектора Р21 и Р22.

Сила Р22 перемещает грунт вверх по ковшу, а сила Р21 оказывает сопротивление, которое как раз требуется преодолеть гидроприводу в процессе копания. Причем, чем больше угол α, тем больше будет сила Р21 и меньше сила Р22.

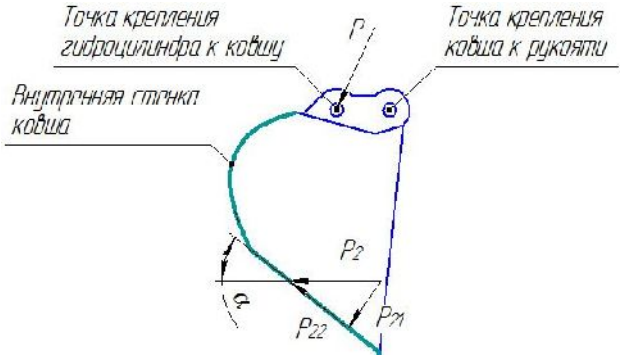


Рис. 3. Воздействие силы P_2 на внутреннюю стенку ковша в процессе копания

Таким образом изменение формы стенки и введение дополнительных конструкционных элементов без изменения механики движения не позволит существенно снизить давление силы Р2. Это связано с тем, что в процессе копания сила сопротивления Р2 направлена к стенке под углом от 0 до 90о воздействуя на ее площадь. Угол может меняться в зависимости от формы стенки взаимодействующей с грунтом.

Следовательно в процессе копания нужно стремиться к минимальным значениям угла α. Угол α будет равен нулю если давление на грунт при любом положении ковша будет оказываться режущей кромкой. Рассмотрим траекторию перемещения точки соответствующей режущей кромке относительно крепления ковша к рукояти в процессе копания (рис. 4).

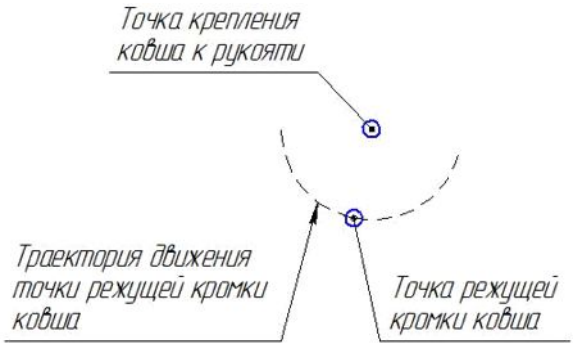


Рис. 4. Траектория перемещения точки режущей кромки ковша в процессе копания

Как видно из рис. 4 траектория движения точки соответствующей режущей кромке имеет форму окружности с центром вращения вокруг точки крепления ковша к рукояти. Чтобы обеспечить такое перемещение ковша каждая точка его внутренней стенки должна быть расположена на

данной траектории. В этом случае стенка и силы, действующие на нее, будут выглядеть следующим образом (рис. 5).

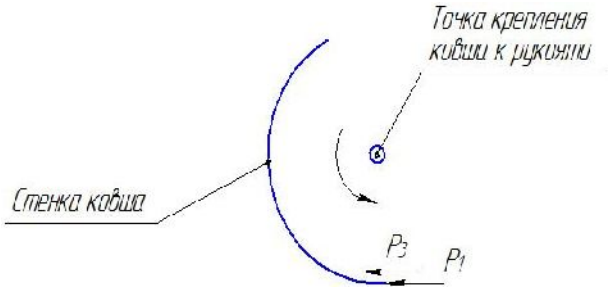


Рис. 5. Силы действующие на измененную стенку

Механика и конструкция стенки представленной на рис. 5 позволяет сократить силы сопротивления копанию, что позволяет без изменения характеристик гидропривода увеличивать габаритные размеры ковша, как следствие его вместимость.

Автором патентов на изобретения Российской Федерации [10] и описаны конструкции грейфера и ковша экскаватора обеспечивающие такое перемещение зачерпывающей стенки. Рассмотрим подробнее конструкцию ковша экскаватора описанную в патенте [10] под названием «Ковш экскаватора сферический» (рис. 6.)

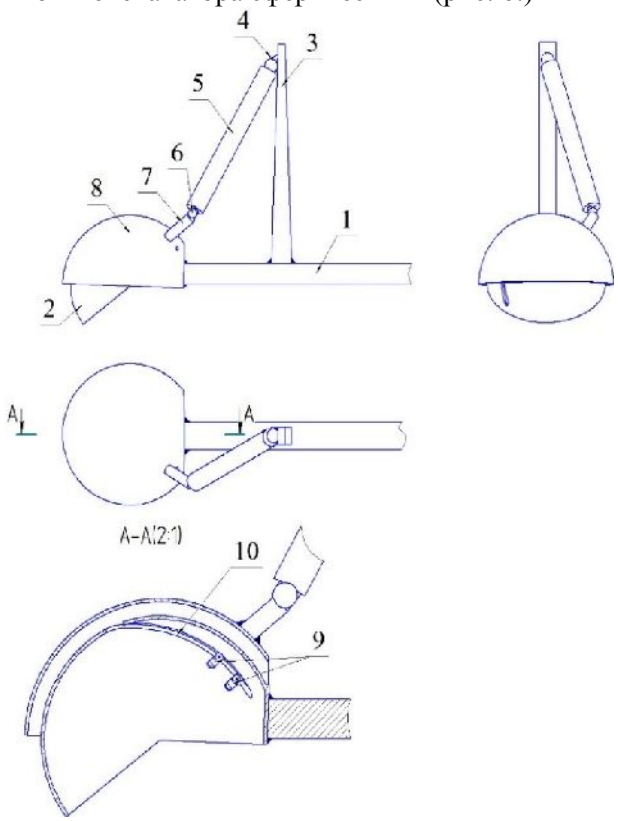


Рис. 6. Ковш экскаватора сферический

Ковш экскаватора сферический (рис. 6) состоит из следующих элементов: рукоять 1, несущая конструкция 2, кронштейн 3, шаровые шарниры 4 и 6, телескопический гидроцилиндр 5, рычаг 7, челюсть 8, пальцы 9, пазы 10.

Единственное отличие работы ковша [10] от механизма копания представленной на рис. 5 заключается во вращении зачерпывающей стенки относительно точки находящейся в центре несущей конструкции, которая дополняет рукоять экскаватора. Такое расположение точки, относительно которой вращается стенка, не противоречит основной идее изобретения, так как соблюдается траектория перемещения стенки.

Принцип действия оборудования следующий: поворотом рукояти 1 на грунт опускается ковш. В этот момент телескопический гидроцилиндр 5 находится в задвинутом состоянии. Затем путем выдвигания штока телескопический гидроцилиндр 5 поворачивается за счет соединенного с кронштейном 3 шарового шарнира 4. Телескопический гидроцилиндр 5 оказывает давление на шаровой шарнир 6 закрепленный одновременно на штоке и на рычаге 7. Через рычаг 7 закрепленный на челюсти 8 передается усилие, за счет которого челюсть 8 начинает перемещение. Чтобы перемещение было по заданной траектории на челюсти 8 закреплены пальцы 9 перемещающиеся по пазам 10 расположенным в несущей конструкции 2. Такая конструкция обеспечивает поворот челюсти имеющей в сечении форму окружности центр которой является осью поворота. Это позволяет снизить силы сопротивления копанию. Выгрузка ковша происходит в противоположной последовательности.

Рассмотрим более подробно некоторые элементы конструкции «ковш экскаватора сферический». Несущая конструкция 2 представлена на рис. 7. Челюсть ковша 8 представлена на рис. 8. Палец 9 представлен на рис. 9.

Выводы. Описанная конструкция рабочего оборудования «ковш экскаватора сферический» воспринимает меньшее значение силы сопротивления копанию. Это позволяет без изменения характеристик гидропривода устанавливать на одноковшовый гидравлический экскаватор ковши большей емкости. Увеличенная емкость ковша позволит зачерпывать больший объем грунта за один цикл работы, что увеличит производительность одноковшовых гидравлических экскаваторов [11].

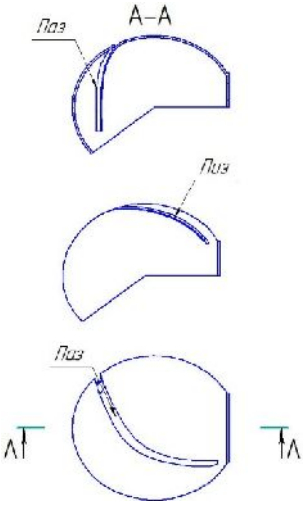


Рис. 7. Несущая конструкция

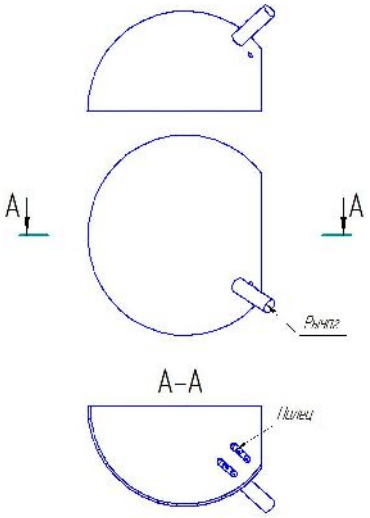


Рис. 8. Челюсть

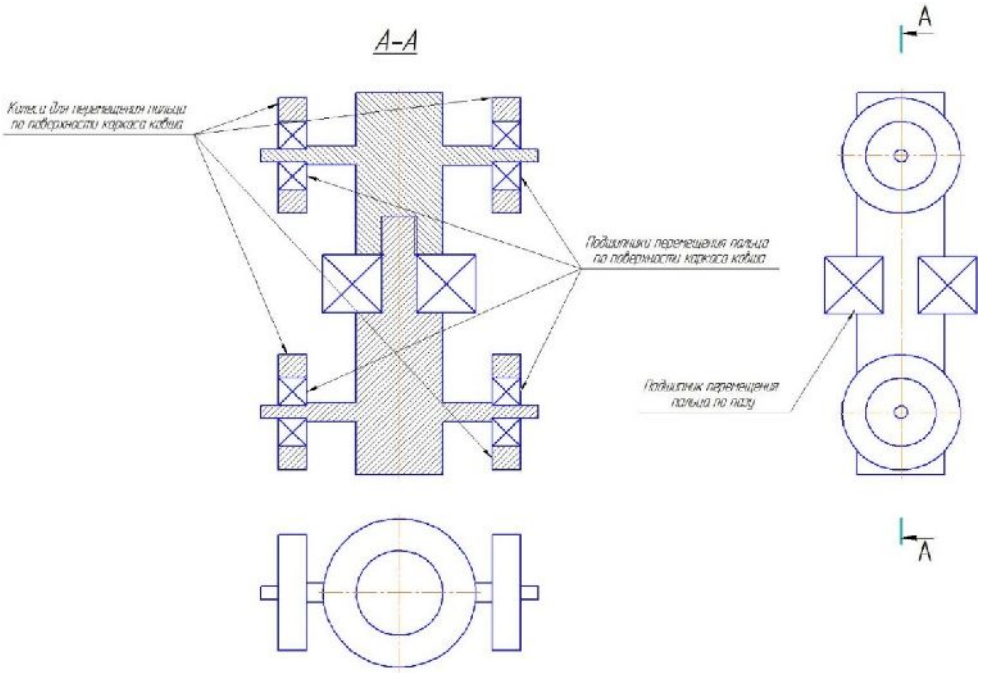


Рис. 9. Палец

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галдин Н.С. Проектирование гидроимпульсного рабочего оборудования для одноковшовых экскаваторов // Строительные и дорожные машины. 2017. №4. С. 42–44.

2. Хмара Л.А., Дахно О.А. Оптимизация процесса копания грунта одноковшовым экскаватором с телескопическим рабочим оборудованием // Строительные и дорожные машины. 2017. №4. С. 12–20.

3. Plonecki L., Trampczynski W., Cendrowicz J. A concept of digital control system to assist the operator of hydraulic excavators // Automation in construction. 1998. №5. Pp. 401–411.

4. Пермяков В.Б. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация) / Пермяков В.Б., Иванов В.И., Мельник С.В., Захаренко А.В., Кузнецова В.Н., Салихов Р.Ф., Сачук Ю.С., Иванов В.Н., Шапошников А.В., Злобин А.И., Дубков В.В., Мартюков Р.А., Савельев С.В., Беляев К.В. М.: Бастет, 2014, 752 с.

5. Хмара Л.А., Дахно О.А. Теоретические основы копания грунта одноковшовым экскаватором с телескопическим рабочим оборудованием / Транспортные системы Сибири, развитие

транспортной системы как катализатора роста экономики государства : сб. материалов конференции // СФУ, 2016. С 50–65.

6. Андреева Л.И., Красникова Т.И., Ушаков Ю.Ю. Эксплуатация экскаваторов циклического действия // Мир дорог. 2017. №100. С 72–75.

7. Landberg L. Excavators combine compactness and power // Construction equipment. 2003. №8. Pp. 58–59.

8. Demishcan V. Experimental researches of the process of enterworking of the operational parts of excavators with soil // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2008. №43. Pp. 115–118.

9. Демиденко А.И., Летопольский А.Б., Семкин Д.С., Потеряев И.К. Экспериментальные исследования процесса резания грунта скребками траншейного цепного экскаватора // Известия Тульского государственного университета. 2016. №3. С. 256–263.

10.Пат. 2656286 Российская Федерация, МПК E02F 3/28. Ковш экскаватора сферический / Бурый Г.Г.; заявитель и патентообладатель Бурый Г. Г., заявл. 30.12.2016 ; опубл. 04.06.2018, Бюл. № 16. 3 с.

11.Бурый Г.Г., Потеряев И.К. Грейфер сферический // Мир транспорта и технологических машин. 2017. №2. С. 47–50.

Информация об авторах

Бурый Григорий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии». E-mail: buryy1989@bk.ru. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5.

Потеряев Илья Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве». E-mail: poteryaev_ik@mail.ru. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5.

Скобелев Станислав Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: skobelew@rambler.ru. Омский государственный технический университет. Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11.

Ковалевский Валерий Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: skobelew@rambler.ru. Омский государственный технический университет. Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11.

Поступила в октябре 2018 г.
© Бурый Г.Г., Потеряев И.К., Скобелев С.Б., Ковалевский В.Ф., 2018

[1,]*Byryy G.G., [1]Poteryaev I.K., [2]Scobelew S.B., [2]Kovalevskiy V.F.

[1]Siberian State Automobile and Highway University
Russia, 644080, Omsk, st. Mira pr., 5
[2]Omsk State Technical University
Russia, 644050, Omsk, st. Mira pr., 11
**E-mail: buryy1989@bk.ru.*

WORKING EQUIPMENT OF SINGLE-BUCKET HYDRAULIC EXCAVATOR WITH CHANGED DIGGIN MECHANICS

Abstract. *The article presents a new structure of the working equipment of a single-bucket hydraulic excavator with a backhoe. The article's relevance is to reduce construction costs while maintaining the quality of performance. The purpose of single-bucket hydraulic excavators with a backhoe and its need for construction are presented. Methods for reducing construction costs are described. Improving the performance of single-bucket hydraulic backhoe escalator is the way to reduce construction costs. The means to improve the performance of single-bucket hydraulic excavators with a backhoe are given. A description of the construction of existing single-bucket hydraulic excavator with a backhoe is presented. The analysis of the forces acting on the bucket in the process of digging is displayed. The soil resistance forces on the bucket's inside wall and ways to reduce them are described. A more rational mechanics of digging the soil with a single-bucket hydraulic excavator with a backhoe is given. The advantages in comparison with the existing digging mechanics are presented. The structure of the working equipment of excavator with a backhoe with more rational mechanics of digging is given. Elements of the working equipment of a single-bucket hydraulic excavator are described, allowing to implement a more efficient digging mechanics. The principle of the working equipment*

of a single-bucket hydraulic excavator with a backhoe with more rational digging mechanics is discussed. The way to decrease the construction costs is shown, when using the working equipment of an excavator with a more rational digging mechanics.

Keywords: *excavator, bucket, soil, digging, construction, performance*

REFERENCES

1. Galdin N.S. Design of hydraulic impulse work equipment for single-bucket excavators. Construction and road machines, 2017, no. 4, pp. 42–44.

2. Hmara L.A., Dahno O.A. Optimization of soil digging with a single-bucket excavator with telescopic working equipment. Construction and road machines, 2017, no. 4, pp. 12–20.

3. Plonecki L., Trampczynski W., Cendrowicz J. A concept of digital control system to assist the operator of hydraulic excavators. Automation in construction, 1998, no.5, pp. 401–411.

4. Permyakov V.B., Ivanov V.I., Melnik S.V., Zaharenko A.V., Kuznetcova V.N., Salihov R.F., Sachuk Y.S., Ivanov V.N., Shaposhnikov A.V., Zlobin A.I., Dubkov V.V., Martyukov R.A., Savel'ev S.V., Belyaev K.V. Technological machines and complexes in road construction (production and technical operation). Moscow: Bastet, 2014, 752 p.

5. Hmara L. A., Dahno O. A. Theoretical foundations of soil excavation by single-bucket excavator with telescopic working equipment. Transport systems of Siberia, the development of the transport system as a catalyst for the growth of the state economy : conference proceedings. SFU, 2016, pp. 50–65.

6. Andreeva L.I., Krasnikova T.I., Ushakov Y.Y. Operation of cyclic excavators. World of roads, 2017, no. 100, pp. 72–75.

7. Landberg L. Excavators combine compactness and power. Construction equipment, 2003, no. 8, pp. 58–59.

8. Demishcan V. Experimental researches of the process of enterworking of the operational parts of excavators with soil. Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University, 2008, no. 43, pp. 115–118.

9. Demidenko A.I., Letopolski A.B., Semkin D.S., Poteryaev I.K. Experimental studies of the cutting process of soil scrapers trench chain excavator. News of Tula State University, 2016, no. 3, pp. 256–263.

10. Buryy G.G. Pat. Russian Federation, MPC E02F 3/28. Spherical excavator bucket. Patent RF, no. 2656286, 2018.

11. Buryy G.G., Poteryaev I.K. Spherical grab. The world of transport and technological machines, 2017, no. 2, pp. 47–50.

Information about the authors

Buryy, Grigoriy G. PhD, Assistant professor. E-mail: buryy1989@bk.ru. Siberian State Automobile and Highway University. Russia, 644080, Omsk, st. Mira pr., 5.

Poteryaev, Ilya K. PhD, Assistant professor. E-mail: poteryaev_ik@mail.ru. Siberian State Automobile and Highway University. Russia, 644080, Omsk, st. Mira pr., 5.

Skobelew, Stanislav B. PhD, Assistant professor. E-mail: skobelew@rambler.ru. Omsk State Technical University.Russia, 644050, Omsk, st. Mira pr., 11.

Kovalevskiy, Valeriy F. PhD, Assistant professor. E-mail: skobelew@rambler.ru. Omsk State Technical University.Russia, 644050, Omsk, st. Mira pr., 11.

Received in October 2018

Для цитирования:

Бурый Г.Г., Потеряев И.К., Скобелев С.Б., Ковалевский В.Ф. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора с измененной механикой копания // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 126–131. DOI: 10.12737/article_5bf7e35d1bea94.75858552

For citation:

Byryy G.G., Poteryaev I.K., Scobelew S.B., Kovalevskiy V.F. Working equipment of single-bit hydraulic excavator with changed mechanics of copy. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 126–131. DOI: 10.12737/article_5bf7e35d1bea94.75858552

DOI:10.12737/article_5bf7e35eed2584.30203445

[1,*]Сахнов А.В., [2]Фоменко Ю.В.
[1]Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина
Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, 1
[2]Белгородский государственный технологический университет им. Шухова
Россия, 208012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
*E-mail: sakhnovav@mail.ru

ПУСТОТЕЛАЯ ВИНТОВАЯ СВАЯ

Аннотация. *Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью разработки современной программы В настоящее время во многих областях строительства все чаще находят применение основания на винтовых сваях. Они используются при возведении фундаментов малоэтажных зданий, опор линий электропередач, для строительства опор трубопроводов, фундаментов под трансформаторы, при строительстве других объектов различных отраслей. Однако, должного распространения на территории России винтовые сваи не получили вследствие недостатка нормативной базы по расчету опор и типовых конструктивных решений, а также в виду отсутствия технико-экономических сравнений фундаментов на винтовых сваях с традиционными решениями.*

Предложены винтовые сваи, которые можно использовать в любое время года при строительстве временных и постоянных ограждающих конструкций, а также, при постройке фундаментов под легкие строения, здания и сооружения.

Достоинством предлагаемой пустотелой винтовой сваи является низкая себестоимость её производства, а также возможность её демонтажа с последующим монтажом в другом месте при возведении временных ограждающих конструкций.

Ключевые слова: *винтовая свая, фундаменты на сваях, ограждающие конструкции, заборы.*

Введение. В настоящее время во многих областях строительства все чаще находят применение основания на винтовых сваях. Они используются при возведении фундаментов малоэтажных зданий, опор линий электропередач, для строительства опор трубопроводов, фундаментов под трансформаторы, при строительстве других объектов различных отраслей [1, 2, 3].

Однако, винтовые сваи не получили должного распространения на территории России в виду недостатка нормативной базы по расчету опор и типовых конструктивных решений, а также в виду отсутствия технико-экономических сравнений фундаментов на винтовых сваях с традиционными решениями [4, 5].

Одной из основных задач при проектировании любых зданий, сооружений, ограждающих конструкций является обеспечение их надежности и долговечности при рациональном и эффективном использовании капитальных ресурсов, снижении материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительства [6]. Устройство оснований и фундаментов имеет значительную долю в общем объеме работ по возведению зданий, как по стоимости, так и по трудоемкости.

Основная часть. Предлагаемая конструкция пустотелой винтовой сваи относится к строительству, а именно к фундаментостроению и предназначена для использования в грунтах в качестве устройств, работающих на вдавливающие или выдергивающие нагрузки, например, для крепления трубопроводов, опор, мачт линий электропередач и других сооружений, при строительстве причалов, фундаментов под легкие строения, временных и постоянных заборов, ограждающих конструкций и т.д.

Практика применения свай показала, что основным недостатком их конструкции является большой момент завинчивания, что ограничивает диаметр ствола, глубину погружения и как следствие несущую способность сваи, особенно в рыхлых, сжимаемых грунтах [7].

Задачей предлагаемой конструкции является минимальная себестоимость и трудоемкость производства винтовой сваи, при этом должна быть обеспечена возможность её демонтажа с последующим монтажом в другом месте при возведении временных ограждающих конструкций. Кроме того, количество составных частей винтовой сваи должно быть минимальным [8, 9].

Конструкцияпустотелой винтовой сваи (рис. 1) состоит из пустотелого ствола 1, в котором с верхней стороны выполнено отверстие (или вырез) 2, предназначенное для завинчивания сваи в грунт, при этом в нижней части ствола расположены две лопасти 3 и направляющая ствола 4 винтовой сваи. Форма лопастей 3 может быть различной. Причём лопасти 3 прикреплены к наружной части пустотелого ствола 1 любым известным способом, например, приварены. Нижние кромки лопастей 3 выступают за нижний торец ствола 1 винтовой сваи на некоторый размер «а», который зависит от диаметра ствола 1, размеров и формы лопастей, а такжеот свойств

грунта, в который предполагается завинчивание сваи. Примерное соотношение диаметров ствола и диаметра лопастей составляет 1:3 [10].

При монтаже винтовой сваи размером «а» обеспечивают рыхление и легкое заглубление винтовой сваи в грунт.

Направляющая 4 подготавливает почву к заглублению, и обеспечивает направление завинчивания винтовой сваи при монтаже, при этом часть разрыхленной почвы поступает во внутрь ствола 1, что дополнительно снижает лобовое сопротивление.

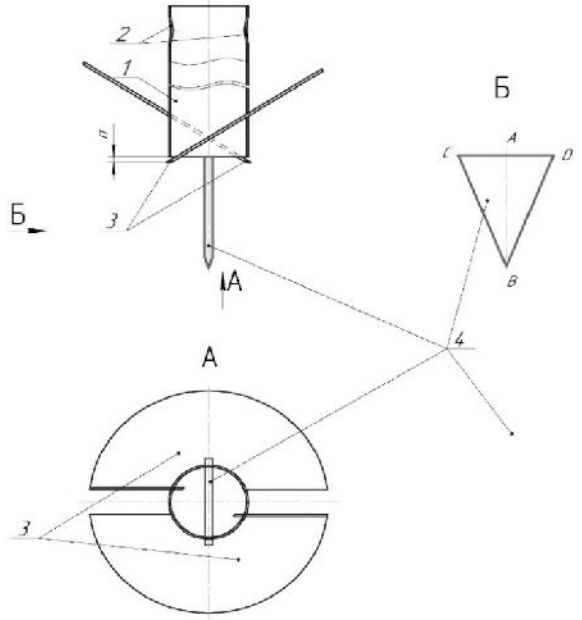


Рис. 1. Пустотелая винтовая свая

Направляющую 4 выполняют в виде равнобедренного треугольника, плоского или изогнутого вдоль его биссектрисы АВ. размер CD у направляющей 4 равен или незначительно превышает диаметр ствола 1 винтовой сваи.

Поступление почвы при монтаже винтовой сваи вовнутрь пустотелого ствола 1 уменьшает сопротивление завинчиванию винтовой сваи.

Для облегчения завинчивания используют ручной инструмент или специальную технику, при этом приобретают или изготавливают специальное устройство, обеспечивающее завинчивание пустотелой винтовой сваи через отверстие (вырез) 2.

Общая схема погружения пустотелых винтовых свай предусматривает приложение к стволу сваи крутящего момента и осевой нагрузки. Техническая документация на винтовые сваи обязательно должна содержать сведения о максимальном допустимом крутящем моменте, который способна выдержать свая. Это позволит избежать разрушения сваи в процессе ее погружения в почву.

Для погружения пустотелых винтовых свай применяют:

1. Ворот – ручной инструмент, который предназначен для завинчивания винтовых свай;
2. Бензобур;
3. Различные гидравлические средства механизации (гидравлические вращатели,гидробуры и т.д.);
4. Кабестан – навесное оборудование, устанавливаемое на самоходные строительные машины (крановые манипуляторы, экскаваторы и т.д.);
5. Специальные самоходные машины для бурения и завинчивания свай (рис. 2) [11].

Погружение сваи необходимо выполнять на низких скоростях, при этом обеспечиваются минимальные нарушения природного сложения окружающих грунтов. Установка для погружения винтовых свай должна иметь возможность развивать крутящий момент не менее крутящего момента, требуемого для погружения сваи согласно требований. Использование ударных установок для монтажа пустотелых винтовых свай недопустимо. Перед погружением винтовых свай могут буритьлидерные скважины.

Конструкция и технология погружения винтовой сваи должны обеспечить непрерывную винтовую линию, в противном случае произойдет «рассверливание» грунта вокруг сваи и сильное нарушение его природного сложения, что в результате приведет к значительному уменьшению несущей способности сваи [12].

Рис. 2.Самоходная строительная установка для выполнения бурильных работ и завинчивания винтовых свай

Для контроля несущей способности сваи рекомендуется контролировать величину крутящего момента в процессе погружения. Крутящий момент имеет связь с несущей способностью

сваи. Результаты измерения позволяют оценивать допустимую нагрузку на винтовую сваю и сравнивать ее с результатами геологических изысканий. Вследствие этого оборудование для погружения винтовых свай обязательно должно снабжаться измерительными приборами, позволяющими измерять крутящий момент. Значения крутящих моментов при завинчивании сваи рекомендуется фиксировать в специальном журнале. Отклонение величины крутящего момента от требуемого значения является причиной для проверки несущей способности сваи [5].

При установке винтовой сваи необходимо обеспечить ее вертикальность (или угол, заложенный по проекту при завинчивании наклонных свай).

Для того чтобы продлить срок службы винтовых свай, их основание покрывают специальными покрытиями, используя сурик, цинк, наносят армирующий слой эпоксидных смол с применением стекловолокна.

Стоимость строительства фундаментов зависит от себестоимости винтовых свай, требуемой несущей способности, сроков строительства, глубины погружения свай, удаленности площадки строительства от дорог с твердым покрытием, уровня конкуренции в месте строительства.

При возведении фундаментов под легкие строения, здания или сооружения после монтажа подрезают все пустотелые винтовые сваи на необходимую высоту. После монтажа для предотвращения коррозии и частичного придания дополнительной жёсткости пустотелой винтовой свае её заполняют бетоном. Следует помнить, что бетон не сильно оказывает влияние на несущую способность винтовой сваи, в связи с чем она может быть нагружена до окончания твердения бетонной смеси. После заливки винтовых свай бетоном на них устанавливают и приваривают специальные оголовки. Оголовком винтовой сваи принято считать элемент, соединяющий винтовую сваю с несущим каркасом здания или сооружения.

Выводы. Достоинством предлагаемой пустотелой винтовой сваи является низкая себестоимость её производства, а также возможность её демонтажа с последующим монтажом в другом месте при возведении временных ограждающих конструкций. Пустотелые винтовые сваи получат применение в грунтах в качестве устройств, работающих на вдавливающие или выдергивающие нагрузки, например, для крепления трубопроводов, опор, мачт линий электропередач и других сооружений, могут быть использованы при строительстве причалов, фундаментов под легкие строения, временных и постоянных заборов и ограждающих конструкций и т.д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ватин Н.И. и др.Устройство свайных фундаментов. Спб.: Издательство Политехнического Университета, 2012. 227 с.

2. Комиссарова, О.Ю., Емельянов С.В. Основания на винтовых сваях // Достижения вузовской науки. 2014. №10. С. 136–139.

3. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии: учебное пособие. М.: АСВ, 2010. 240 с.

4. Полищук А.И., Максимов Ф.А. Обоснование конструктивного решения винтовых свай для фундаментов быстровозводимых временных зданий на глинистых грунтах // Вестник ПНИПУ. 2015. №4. С.62–75.

5. Винтовые сваи и оценка их основных параметров: Материалы межвузовской научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 2006 г./ Отв. ред.: В.А. Торощин, Г.Я. Булатов. СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2006. 113 с.

6. Perko H. A. Helican piles. A practical guide to design and installation. Hoboken, New Jersey.: John Wiley & Sons, Inc., 2009. 513 с.

7. Прокопенко Д.В. Математическое и компьютерное моделирование несущей способности одиночной винтовой сваи с учетом уплотнения грунта // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О.Сухого. 2013. №4. С.25–28.

8. Сахнов А.В., Фоменко Ю.В. Винтовая свая // Международная научно-техническая конференция молодых ученых [Электронный ресурс]. Белгород, БГТУ им. Шухова, 2015 г.

9. Пат. №169081 Пустотелая винтовая свая Российская Федерация МПК E02D 5/56 (2006.01) Сахнов А.В., Слободюк А.П. №2016129571; заявл. 19.07.2016, опубл. 02.03.2017. Бюл. №7.

10.Пат. 176898 Пустотелая винтовая свая Российская Федерация МПК E02D 5/56 (2006.01) , Сахнов А.В., Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, №2017141640, заявл. 29.11.2017, опубл. 1.02.2018, бюл. №4.

11.Стоимость винтовых свай [Электронный ресурс]/ Фундэкс. Режим доступа: https://www.fundex.su/price/spb/. (Дата обращения: 02.02.2018).

12.Железков В.Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства СПб.: Издательский дом «ПРАГМА», 2004. 115 с.

Информация об авторах
Сахнов Андрей Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК. E-mail: sakhnovav@mail.ru. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, 1.

Фоменко Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент. E-mail: fomenko@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 208012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июле 2018 г.
© Сахнов А.В., Фоменко Ю.В., 2018

[1,]*Sakhnov A.V., [2]Fomenko Yu.V.
[1]Belgorod state agricultural University named after V. Gorin
Russia, 308503, Belgorod, Belgorod district, village Mayskiy, Vavilova street, 1
[2]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.
**E-mail: sakhnovav@mail.ru*

HOLLOW SCREW PILE

Abstract. *At present, bases on screw piles are increasingly used in many areas of construction. They are used for construction of foundations of low-rise buildings, power transmission lines, pipeline supports, foundations for transformers and other objects in various industries. However, screw piles are not widely spread in Russia due to the lack of a regulatory framework for the design of supports and typical design solutions and due to the lack of technical and economic comparisons of foundations on screw piles with traditional solutions. Proposed screw piles can be used in any season for the construction of temporary and permanent enclosing structures, as well as for the construction of foundations for lightweight structures and buildings. The advantage of the proposed hollow screw pile is the low cost of production and the possibility of its dismantling with subsequent installation in another place during the construction of temporary fencing.*
Keywords*: screw pile, foundations on piles, enclosing structures, fences.*

REFERENCES

1. Batting N.I. etc. The device of pile fundamentov. SPb.: Publishing of the Polytechnic University, 2012, 227 p.
2. Komissarova O.Yu., Emelyanov S.V. Bases on screw piles. Achievements of high school science, 2014, №10, P.136-139.
3. Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I. Modern piling technology: a textbook. M.: DIA., 2010, 240 p.
4. Polishchuk A.I., Maksimov F.A. Justification of the constructive solution of screw piles for the foundations of pre-fabricated temporary buildings on clay soils. Bulletin of the PNRPU., 2015, no. 4., pp. 62–75.
5. Screw piles and evaluation of their main parameters: Materials of the interuniversity scientific-technical conference. St. Petersburg, 2006. Ed.: V.A. Toroschin, G.Ya. Bulatov. St. Petersburg State Polytechnic University. 2006, 113 p.
6. Perko H.A. Helican piles. A practical guide to design and installation. Hoboken, New Jersey.: John Wiley & Sons, Inc.. 2009, 513 p.
7. Prokopenko D.V. Mathematical and computer modeling of the carrying capacity of a single screw pile with regard to soil compaction. Bulletin of Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi, 2013, no. 4, pp. 25–28.
8. Sakhnov A.V., Fomenko Yu.V. Screw pile. International Scientific and Technical Conference of Young Scientists [Electronic resource]. Belgorod, BSTU Shukhov, 2015.
9. Pat. No. 169081 Hollow pile pile Russian Federation IPC E02D 5/56 (2006.01) Sakhnov A.V., Slobodiuk A.P. No. 2016129571; declare 07.19.2016, publ. 03/02/2017. Bul. №7.
10.Pat. 176898 Hollow pile Russian Federation IPC E02D 5/56 (2006.01), Sakhnov A.V., Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V. Applicant and patent holder FGBOU IN HE Belgorod GAU, №2017141640, claimed. 11/29/2017, publ. 1.02.2018, bul. №4.
11.Cost of screw piles [Electronic resource]. Fundeks. Access mode: https://www.fundex.su/price/spb/. (Date of appeal: 02.02.2018).
12.Zhelezkov V.N. Screw piles in the energy and other construction sectors of St. Petersburg: PRAGMA Publishing House, 2004, 115 p.

Information about the authors
Sakhnov, Andrey V. PhD, Assistant professor. E-mail: sakhnovav@mail.ru. Belgorod state agricultural University named after V. Gorin . Russia, 308503, Belgorod, Belgorod district, village Mayskiy, Vavilova street, 1.

Fomenko, Yuliya V. PhD, Assistant professor. E-mail: fomenko@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in July 2018

Для цитирования:
Сахнов А.В., Фоменко Ю.В. Пустотелая винтовая свая // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 132–136. DOI:10.12737/article_5bf7e35eed2584.30203445

For citation:
Sakhnov A.V., Fomenko Yu.V. Hollow screw pile. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 132–136. DOI:10.12737/article_5bf7e35eed2584.30203445

DOI: 10.12737/article_5bf7e35fd74483.00537194

[1,*]Воронков И.Е.

[1]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
**E-mail: voronkovie@mgsu.ru*

ВЕКТОР ГЛОБАЛЬНЫХ ПРИОРИТЕТОВ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ КАК ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УЧАСТНИКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Аннотация. *Стремление к повышению эффективности реализации инвестиционно-строительных проектов, совершенствованию действующих конкурсных процедур при отборе участников инвестиционно-строительных проектов, минимизации возможных рисков определяет необходимость разработки методологических основ оценки надёжности участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры. Данная работа является системным продолжением исследовательской работы в области изучения аппарата организационно-технологической надёжности, а также фундаментальных свойств организационной структуры, таких устойчивость и стойкость. Одним из способов реализации механизма оценки надёжности участников инвестиционно-строительных проектов может быть признан комплексный многофакторный анализ деятельности строительных предприятий и организаций в установленном временном промежутке. Исходными данными для расчёта надёжности могут выступать относительные статистические и абсолютные экспертные показатели. Способом получения относительных статистических данных является сопоставление показателей деятельности конкретных предприятий со среднеотраслевыми, полученными из объективных источников – официальных публикаций Федеральной службы государственной статистики РФ. Абсолютные экспертные показатели могут быть получены по результатам экспертной оценки отдельных факторов деятельности исследуемых предприятий. В качестве инструмента системного подхода для обработки сформированного массива исходных статистических и экспертных данных рационально и обосновано использование метода анализа иерархий, позволяющего производить анализ большого количества показателей с учетом их различных весовых характеристик. Результатом применения для оценки надёжности участников инвестиционно-строительных проектов метода анализа иерархии является определение вектора глобальных приоритетов, являющегося в данном случае комплексным показателем уровня надежности исследуемых предприятий относительно друг друга.*

Ключевые слова: *организационная структура, организационно-технологическая надёжность, метод анализа иерархий, инвестиционно-строительный проект, механизм оценки надежности.*

Введение. Существующие конкурсные процедуры, призванные повысить эффективность процессов отбора возможных участников инвестиционно-строительных проектов (ИСП) зачастую сводятся к довольно поверхностному анализу реальной эффективности функционирования участвующих в закупках, тендерах и аукционах предприятий и организаций.

Существенная концентрация механизмов проведения тендеров и аукционов на экономической составляющей, увязка целей и задач конкурсных процедур на минимизации стоимостных показателей проекта, приоритет предложений с минимальной стоимостью выполняемых работ зачастую обуславливают высокую вероятность наступления рисковых ситуаций [1] в процессе реализации ИСП.

В строительной производстве, применительно ИСП наиболее характерными рисками считаются:

- риск несоблюдения ранее определенной сметной стоимости проекта;
- риск превышения установленных сроков реализации проекта;
- риск ненадлежащего качества выполняемых работ или несоблюдения технологий;

Одним из возможных путей решения возможных неблагоприятных исходов, а также минимизации рисков в строительном производстве может считаться инициация внедрения при проведении конкурсных процедур механизма оценки надежности участников ИСП как элементов организационной структуры (ОС) [2].

Осуществляя отбор потенциальных участников ИСП не только на основании наиболее низкой предлагаемой цены в рамках аукциона или тендера, но и на основании глубокого структурного анализа широкого спектра показателей их деятельности [3] в определенном временном промежутке, становится возможным формирование организационной структуры ИСП из элементов с

достаточным уровнем собственной надежности, способных обеспечить достижение системой (организационной структурой ИСП) своей целевой функции с заданным качеством в статическом поле внешних воздействий при изменении ее внутренней среды [4].

Методология. Строение ОС ИСП можно представить в виде системы, состоящей из элементов, характеризуемых различным уровнем надежности и оказывающих взаимное влияние друг на друга посредством межэлементных связей. Взаимодействие элементов в рамках функционирования ОС при реализации ИСП сопровождается процессами закрепления и ослабление отдельных межэлементных связей, а также перераспределением между элементами задач и процессов, обеспечивающих как реализацию целевой функции системы, так и решение каждым элементом собственных задач.

Результатом использования несовершенных процедур организационного проектирования обуславливает невозможность успешной реализации ИСП с достижением его ключевых показателей, снижая его рентабельность. Реализуемые в настоящее время масштабные инвестиционные проекты в области атомной энергетики, предусматривающие многоуровневую взаимоувязку организационно-технологических и организационно-логистических процессов, распределенных между различными участниками ИСП, демонстрируют острую необходимость повышения эффективности процедур организационного проектирования [5].

Данная необходимость существенно возрастает по мере усложнения проекта и в ряде случаев обуславливается технологическими особенностями реализации проекта. Применительно к атомной отрасли таким технологическим аспектом может считаться объем и степень предмонтажного укрупнения строительных конструкций и оборудования, а также полномасштабное применение гибридно-блочного метода монтажа элементов конструкций и оборудования АЭС [6].

Многообразие возможных форм ОС, специфика поведения ОС в условиях изменения как ее внутренней среды, так и внешних условий, стремление к минимизации рисков обусловили необходимость разработки уникальных механизмов оценки и управления такими фундаментальными свойствами систем, как стойкость и устойчивость [7]. Следующим логичным этапом развития научных подходов к изучению закономерностей функционирования сложных человеко-машинных систем, какой по праву может считаться ОС ИСП, является изучение фундаментального свойства надежности.

Выполняемая научная работа является системным продолжением развития аппарата организационно-технологической надежности [8], разработке различных аспектов которого посвящены труды представителей научной школы НИУ МГСУ, профессоров: А.А. Гусакова, А.В. Гинзбурга, А.А. Лапидуса. Начиная со второй половины XX века аппарат ОТН системно развивался, были заложены основы имитационного, графического моделирования строительных систем, изучались отдельные аспекты ОТН:

- ОТН механизации строительства [9];
- ОТН заводского производства железобетонных изделий для крупнопанельных зданий [10];
- ОТН продолжительности строительства [11];
- ОТН материально-технического обеспечения строительства [12];
- ОТН стоимостных показателей строительства [13].
- организационно-технологический показатель (ОТП) строительного проекта;

Используя системный подход [14], как основополагающий инструмент проектирования ОС строительных предприятий актуально и научно обосновано в контексте развития аппарата ОТН перейти к разработке методологических основ оценки надежности участников ИСП как элементов ОС.

Основная часть. Теоретически механизм оценки надёжности участников ИСП как элементов ОС можно представить как задачу многофакторного анализа деятельности исследуемых предприятий в определённом временном промежутке. В работах [3,4] был разработан исходный перечень факторов, характеризующих деятельность предприятий, классифицированный на четыре смысловые группы [4].

Первоначально предполагалось осуществить сопоставление показателей данных факторов, полученных из ранее заполняемых исследуемыми предприятиями форм статистических наблюдений со среднеотраслевыми значениями, определенными по результатам обработки материалов официальных публикаций Федерального службы государственной статистики РФ. Однако, верификация исходного перечня факторов, осуществляемая относительно трех определяющих критериев [3], выявила невозможности использования исключительно статистического анализа и обусловила необходимость экспертной оценки части факторов. Данное обстоятельство потребовало деления четырех групп факторов на статистические и экспертные блоки [15]. Итоговый перечень факторов приведен ниже (табл. 1)

Таблица 1

Факторы деятельности предприятия, подлежащие статистической и экспертной оценке

№	Наименование *i*-го фактора	Значение *i*-го фактора
	Экспертный блок	
	Группа факторов, характеризующих организационную структуру предприятия	
1.	Наличие выраженных управляющей и исполнительной систем.	$\dot{b_i}$
2.	Наличие системы обратной связи.	
3.	Наличие системы определений рассогласования текущих параметров к программным.	
4.	Система выработки управляющих воздействий.	
5.	Система контроля управляющих воздействий.	
6.	Отсутствие дублирующих звеньев управления.	
7.	Наличие информационной системы.	
	Производственно-технологическая группа	
1.	Наличие современных производственных технологий.	$\dot{c_i}$
2.	Гибкость производственного процесса	
3.	Применение современных материалов.	
4.	Современная энергетическая инфраструктура	
5.	Использование результатов НИОКР, реновация основных фондов.	
6.	Наличие производственных лабораторий и исследовательских подразделений.	
	Финансово-экономическая группа	
1.	Доля собственных активов в общей сумме средств предприятия.	$\dot{d_i}$
2.	Отношение кредиторской задолженности предприятия к общей сумме обязательств предприятия.	
3.	Отношение собственных оборотных средств к общей сумме всех средств предприятия.	
4.	Коэффициент текущей ликвидности предприятия.	
5.	Запасы предприятия в целях обеспеченности;	
6.	Удельный вес вложений предприятия в производственные активы.	
	Социально-трудовая группа	
1.	Система материальной заинтересованности в итогах труда работников предприятия.	$\dot{f_i}$
2.	Связь оплата труда с качеством труда.	
3.	Развитие рационализаторства и изобретательства.	
4.	Материальное и моральное поощрение передовиков производства.	
5.	Наличие творческих конкурсов по профессии.	
6.	Система социальной защиты работников предприятия.	
7.	Доля участия предприятия в решении социальных проблем работников.	
8.	Социально-производственная репутация предприятия.	
	Статистический блок	
	Производственно-технологическая группа	
1.	Удельный вес полностью изношенных машин и оборудования	$\dot{g_i}$
2.	Удельный вес строительных машин с истекшим сроком службы в общем числе машин	
3.	Производительность труда	
4.	Уровень использования предприятием производственных мощностей	
	Финансово-экономическая группа	
1.	Соотношение собственных и привлеченных средств инвестируемых в основной капитал	$\dot{h_i}$
2.	Индекс физического объема основных фондов (в постоянных ценах), в процентах к предыдущему году	
3.	Рентабельность услуг, оказываемых предприятием	
4.	Рентабельность активов предприятия	
5.	Динамика объема оборотных активов предприятия	
6.	Доля материальных затрат в общим числе затрат предприятия.	
7.	Динамика основных фондов (по полной учетной стоимости на конец года) в процентах к предыдущему году	
8.	Отношение дебиторской и кредиторской задолженностей предприятия	
	Социально-трудовая группа	
1.	Текучесть кадров	$\dot{p_i}$
2.	Отношение работников организации получивших в отчетном периоде дополнительное профессиональное образование, прошедших профессиональное обучение к общему число работников организации	

3.	Доля специалистов с оконченным высшим образованием среди сотрудников предприятия	
4.	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата.	
5.	Доля сотрудников предприятия со среднемесячной заработной платой менее 35 000 руб.	
6.	Отношение заработной платы женщин к заработной плате мужчин	
7.	Отношение средней заработной платы 10% наиболее оплачиваемых работников к средней заработной плате 10% наименее оплачиваемых работников	
8.	Отношение штатных сотрудников (постоянных) к внешним совместителям и работающим по договорам ГПХ	
9.	Доля сотрудников со стажем более 10 лет по основному месту работы	

Вычисленные для каждого исследуемого предприятия значения факторов формируют массив исходных данных, подлежащих анализу. Сложность поиска приемлемого инструмента анализа полученных значений обуславливается необходимостью учета для каждой конкретной группы исследуемых предприятий таких обстоятельств, как:

- профиль деятельности исследуемых предприятий: являются ли предприятия проектными, строительно-монтажными, пуско-наладочными, ремонтными?;
- положение исследуемых предприятий в ОС ИСП: рассматриваются ли исследуемые организации в качестве генподрядчиков, субподрядчиков, службы технического заказчика?
- фаза (стадия) реализации ИСП: на какой стадии находится реализация ИСП: прединвестиционной, инвестиционной, операционной?.

Вышеописанные обстоятельства требует учета весовых характеристик групп факторов, изменяющихся в зависимости от указанных условий. Таким образом, существующую задачу возможно представить как задачу многокритериального выбора и воспользоваться для ее решения таким инструментом системного подхода как метод анализа иерархий (МАИ) [16].

Данный метод был впервые использован американским ученым Томасом Л. Саати более пятидесяти лет назад. С того времени он активно используется в качестве математического инструмента системного подхода к сложным проблемам принятия решений, в том числе и в инвестиционно-строительной сфере. Однако, следует заметить, что применение МАИ для оценки надежности участников ИСП возможно исключительно в контексте рассмотрения задачи выбора наиболее надежного предприятия из перечня потенциальных участников ИСП. Другими словами результатом применения МАИ к решению задачи оценки надёжности участников ИСП является получение для каждого исследуемого предприятия показателя, выраженного в относительных сравнительных величинах и позволяющего принять обоснованное решение о превосходстве одного предприятия над прочими по параметру надежности.

Целью МАИ применительно к данной задаче определяется оценка уровня надежности нескольких потенциальных участников ИСП. В качестве критериев принимаются группы системных факторов, разделённые на экспертные и статистические блоки (таблица 2).

Таблица 2

Критерии метода анализа иерархий при решении задачи оценки надежности потенциальных участников ИСП

№ критерия	Наименование критерия
1.	Организационная структура предприятия (экспертный блок).
2.	Производственно-технологический уровень оснащения предприятия (экспертный блок)
3.	Финансово-экономическое состояние предприятия (экспертный блок)
4.	Социально-трудовые условия функционирования предприятия (экспертный блок)
5.	Производственно-технологический уровень оснащения предприятия (статистический блок)
6.	Финансово-экономическое состояние предприятия (статистический блок)
7.	Социально-трудовые условия функционирования предприятия (статистический блок)

В качестве альтернатив МАИ принимаются потенциальные участники ИСП. Предположим существование в расчётной модели трех потенциальных участников. В таком случае дерево иерархий можно представить следующим образом (рис. 1).

Последующими этапами МАИ являются:

1. Расчет приоритетов критериев относительно цели, выполняемый путем экспертного

парного сравнения критериев в соответствии со шкалой относительной важности суждений [17] Результатом данного расчета является получение вектора приоритета критериев по цели (1).

$$\overline{W}_k = \begin{vmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \\ k_7 \end{vmatrix} \qquad (1)$$

Последующая верификация полученных результатов выполняется путем оценки согласованности суждений экспертов и нахождением отношения согласованности [18]. При нахождении отношении согласованности в допустимых пределах возможен переход к следующему этапу.

2. Парное сравнение альтернатив по критериям. Источником данных для расчета на данном этапе являются статистически и экспертно полученные показатели факторов деятельности исследуемых предприятий. С целью снижения сложности вычислений от каждой группы факторов в расчет включается один показатель, вычисляемый как медианное значение всех факторов данной группы. Парное сравнение семи показателей ($b_{ij}; c_{ij}; d_{ij}; f_{ij}; g_{ij}, h_{ij}, p_{ij}$) трёх исследуемых предприятий (№1,2,3) позволяет нам получить семь векторов локальных приоритетов альтернатив по критериям (2):

$$\overline{W}_b = \begin{vmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{vmatrix}; \overline{W}_c = \begin{vmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{vmatrix}; \overline{W}_d = \begin{vmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{vmatrix}; \overline{W}_f = \begin{vmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{vmatrix}; \overline{W}_g = \begin{vmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{vmatrix}; \overline{W}_h = \begin{vmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{vmatrix}; \overline{W}_p = \begin{vmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{vmatrix} \qquad (2)$$

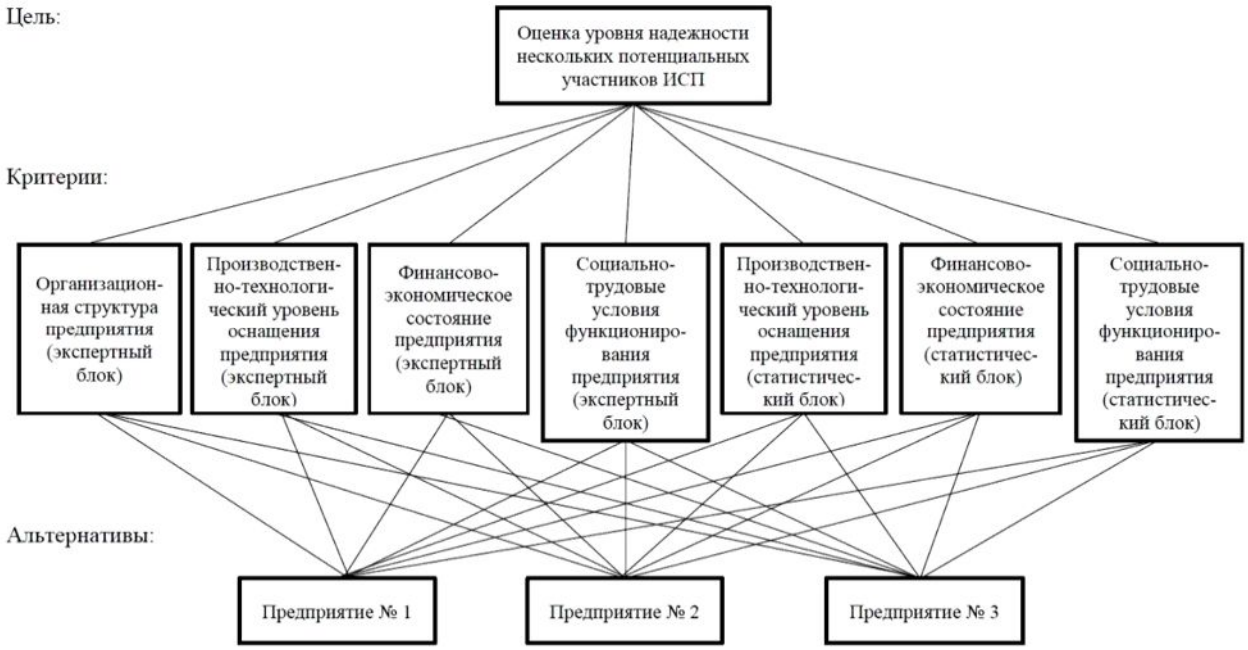


Рис. 1. Дерево иерархий оценки уровня надежности потенциальных участников ИСП

3. Определение вектора глобальных приоритетов. Векторы локальных приоритетов альтернатив по критериям в совокупности могут быть представлены в виде матрицы, имеющей размерность 7 х 3. Умножая данную матрицу на вектор локальных приоритетов критериев по цели, мы получаем вектор глобальных приоритетов альтернатив по цели, являющийся конечным результатом расчета.

$$4.\ \overline{W}_Q = \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & d_1 & f_1 & g_1 & h_1 & p_1 \\ b_2 & c_2 & d_3 & f_2 & g_2 & h_2 & p_2 \\ b_3 & c_3 & d_3 & f_3 & g_3 & h_3 & p_3 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \\ k_7 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{vmatrix} \qquad (3)$$

Вычисленный вектор глобальных приоритетов альтернатив наглядно демонстрирует превосходство (значимость) выбранных альтернатив друг относительно друга. Данный вектор является нормализованным, поэтому превосходство той или иной альтернативы (выбранного предприятия) будет выражена в долях от единицы.

Данные вектора глобальных приоритетов достаточно объективно отражают уровень надежности исследуемых потенциальных участников ИСП в относительных единицах, поэтому становится возможно введение понятия коэффициента относительной надежности предприятия или коэффициента приоритетности выбора предприятия по параметру надежности - K_{v_n}, выражаемого через соответствующее значение вектора глобальных приоритетов:

$$K_{v_n} = q_n \quad (4)$$

По результатам расчета наиболее надежным, относительно все прочих исследуемых предприятий, признается то предприятие, значение коэффициента относительной надежности которого в векторе глобальных приоритетов МАИ является наибольшим.

Выводы. Разработка авторского механизма оценки надежности участников инвестиционно-строительного проекта является логичным продолжением научных исследований в части разработки аппарата ОТН.

В качестве эффективного математического инструмента системного подхода при решении задач оценки надёжности предприятий строительной отрасли актуально и оправдано использование метода анализа иерархий, позволяющего выполнить глубокий структурный анализ большого количества экспертно и статистически полученных данных о деятельности потенциальных участников ИСП с учетом различных весовых характеристик анализируемых факторов.

Применение для оценки надёжности потенциальных участников ИСП МАИ позволяет получить результат формализованный в качестве коэффициента относительной надежности предприятия или коэффициента приоритетности выбора предприятия по параметру надежности – K_{v_n}, выражаемого через соответствующее значение вектора глобальных приоритетов МАИ и наглядно демонстрирующий превосходство исследуемых предприятий друг относительно друга.

Дополнение существующих конкурсных процедур, проводимых с целью выбора потенциальных участников ИСП, механизмом оценки их надёжности позволит снизить вероятность наступления рисковых ситуаций в процессе реализации ИСП и значительно повысит эффективность реализации проектов путем формирования организационных структур ИСП из элементов с достаточным уровнем собственной надежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цопа Н.В. О необходимости применения риск-ориентированных методов для обеспечения устойчивости инвестиционно-строительного проекта // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 7 (59). С. 25–35

2. Морозенко А.А., Воронков И.Е. Проблемы оценки и повышения надежности элементов организационной структуры инвестиционно-строительного проекта // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 30–32

3. Воронков И.Е. Основы механизмов оценки надежности предприятий - участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 2(113). С. 249–257

4. Морозенко А.А., Воронков И.Е. Современные подходы к оценке надежности предприятий, участвующих в реализации инвестиционно-строительных проектов // Научное обозрение. 2017. № 12. С. 123–128

5. Колосков А.А. К вопросу о проектировании организационных структур управления предприятием / The modern world: experience, problems and prospects сб. материалов.II international research and practice conference // Волгоградский кооперат. инст. (31 октября 2016 г.), Los Gatos: Professional science, 2016. С. 44–50

6. Морозенко А.А., Воронков И.Е. Повышение эффективности организационно-технологических решений при строительстве АЭС на основе современного российского и зарубежного опыта // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 74–79.

7. Морозенко А.А. Формирование оптимальной с точки зрения устойчивости организационной структуры инвестиционно-строительного проекта // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №12. С. 33–34.

8. Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем // Вестник МГСУ. 2010. № 4-1. С. 251–255.

9. Гинзбург А.В., Фахратов В.М. Функциональное моделирование эксплуатации и обслуживания средств механизации и транспортирования в процессах строительства в среде САПР // Естественные и технические науки. 2015. №6(84). С. 407–409.

10.Гусаков А.А., Гинзбург А.В., Веремеенко С.В., Монфред Ю.Б., Прыкин Б.В., Яровенко С.М. Организационно-технологическая надежность строительства. М.: Изд-во А/О "Внешторгиздат", 1994. 472 с.

11.Кузнецов С. М., Холомеева Н.В., Ольховиков С. Э. Обоснование риска

продолжительности строительства объектов // Научно-исследовательские публикации. 2014. № 3 (7). С. 23–31.

12.Жавнеров П.Б., Гинзбург А.В. Проблемы повышения организационно-технологической надежности строительных организаций // Вестник иркутского государственного технического университета. 2014. №11. С. 156–161.

13. Гинзубург А.В., Рыжкова А.И. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 1(112). С. 7-13.

14. Новикова В.Н. Совершенствование системного подхода к повышению качества строительной продукции в управлении проектами строительства жилых домов // Инженерный вестник Дона. 2016. Т. 43. № 4(43). С. 192.

15.Воронков И.Е. Оценка и повышение надёжности организационных структур ИСП методом анализа иерархий // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 062035. DOI:10.1088/1757-899X/365/6/062035

16. Наумов А.Е., Щенятская М.А. Практические аспекты использования метода анализа иерархий для политикритериального сравнительного анализа портфельных альтернатив // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 223–227.

17. Привалов А.А., Кравцов А.О., Вандич А.П., Горбач А.Н. Методика выбора приоритетных элементов ИТКС, функционирующей в условиях применения организованным нарушителем таргетированных атак // Труды ЦНИИС. Санкт-Петербургский филиал. 2016. Т. 1. № 2(3). С. 55–64.

18. Вороновский В.В., Дудко А.Н., Паздников В.Ю., Сохранный Е.П., Усиков С.Б. Задача повышения отношения согласованности экспертных оценок при определении важности характеристик исследуемых объектов // Космонавтика и ракетостроение. 2017. № 1(94). С. 46–53.

Информация об авторах

Воронков Иван Евгеньевич, старший преподаватель кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики. E-mail: voronkovie@mgsu.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ). Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в июле 2018 г.

© Воронков И.Е. 2018

[1,*]Voronkov I.E.

[1]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26
**E-mail: voronkovie@mgsu.ru*

THE VECTOR OF GLOBAL PRIORITIES IN THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AS A RELATIVE INDICATOR OF THE RELIABILITY OF POTENTIAL PARTICIPANTS OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS

Abstract. *The desire to improve the efficiency of investment and construction projects, to improve the existing competitive procedures in the selection of participants, to minimize possible risks defines the need to develop methodological bases for assessing the reliability of investment participants and construction projects as elements of the organizational structure. This work is a systematic continuation of the research in the field of studying the apparatus of organizational and technological reliability and the fundamental properties of the organizational structure, such as stability and durability. Comprehensive multi-factor analysis of the activities of construction enterprises and organizations within the prescribed time period can be recognized as a way to implement the mechanism for assessing the reliability of participants in investment and construction projects. The initial data for reliability calculation can be relative statistical and absolute expert indicators. A way to obtain relative statistical data is to compare the performance of specific enterprises with the industry average, obtained from objective sources – the official publications of the Federal State Statistics Service. Absolute expert indicators can be received by the results of expert evaluation of individual factors of the studied enterprises' activity. The use of the analytic hierarchy process is justified as a system approach tool for processing the generated array of initial statistical and expert data. This allows the analysis of a large number of indicators, taking into account various weight characteristics. Determining the vector of global priorities is the result of the application of the analytic hierarchy process for evaluating the reliability of investment and*

construction projects' participants. In this case, they are a comprehensive indicator of the studied enterprises' reliability level mutually relative.

Keywords: *organizational structure, organizational and technological reliability, analytic hierarchy process, an investment and construction project, reliability assessment mechanism.*

REFERENCES

1. Zopa N.V. On the need to apply risk-based methods to ensure the sustainability of the investment and construction project. Construction and technogenic security, 2017, no. 7 (59), pp. 25–35
2. Morozenko A.A., Voronkov I.E. Problems of evaluation and improvement of reliability of elements of the organizational structure of the investment and construction project. Industrial and civil construction, 2014, no. 12, pp. 30–32
3. Voronkov I.E. Fundamentals of mechanisms for assessing the reliability of enterprises - participants in investment and construction projects as elements of the organizational structure. Vestnik MGSU, 2018, vol. 13, no. 2 (113), pp. 249–257
4. Morozenko A.A., Voronkov I.E. Modern approaches to assessing the reliability of enterprises involved in the implementation of investment and construction projects Scientific review, 2017, no. 12, pp.123–128.
5. Koloskov A.A. On the question of designing organizational structures of enterprise management. The modern world: experience, problems and prospects collection of materials. II international research and practice conference. Volgograd cooperative. inst. (October 31, 2016), Los Gatos: Professional science, 2016, pp. 44–50
6. Morozenko A.A., Voronkov I.E. Increasing the efficiency of organizational and technological solutions in the construction of nuclear power plants on the basis of modern Russian and foreign experience. Industrial and civil construction, 2014, no. 10, pp. 74–79.
7. Morozenko A.A. Formation of the optimal organizational structure of the investment and construction project from the point of view of sustainability. Industrial and civil construction, 2012, no. 12, pp. 33–34.
8. Ginzburg A.V. Organizational and technological reliability of building systems. Vestnik MGSU, 2010, no. 4-1, pp. 251–255.
9. Ginzburg A.V., Fakhratov V.M. Functional modeling of operation and maintenance of means of mechanization and transportation in construction processes in the CAD environment. Natural and technical sciences, 2015, no. 6 (84), pp. 407–409.
10. Gusakov A.A., Ginzburg A.V., Veremeenko S.V., Monfred Y.B., Prykin B., Yarovenko S.M. Organizational and technological reliability of construction. Moscow: Publishing House of JSC "Vneshtorgizdat", 1994, 472 p.
11. Kuznetsov S.M., Kholomeeva N.V., Olkhovikov S.E. Justification of the risk of the duration of construction of objects. Scientific-research publications, 2014, no. 3 (7), pp. 23–31
12. Zhavnerov P. B., Ginzburg A.V. The problems of increasing the organizational and technological reliability of construction organizations. Herald of the Irkutsk State Technical University, 2014, no. 11, pp. 156–161.
13. Ginzburg A.V., Ryzhkova A.I. Possibilities of artificial intelligence to improve the organizational and technological reliability of construction production. Vestnik MGSU, 2018, vol. 13, no. 1 (112), pp. 7–13.
14. Novikova V.N. Perfection of the system approach to improving the quality of construction products in the management of housing projects. Engineering Herald of the Don, 2016, vol. 43, no. 4 (43), p. 192.
15. Voronkov I.E. Evaluation and improvement of the reliability of organizational structures of ICP by the method of hierarchy analysis. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 062035. DOI: 10.1088 / 1757-899X / 365/6/062035.
16. Naumov A.E., Shchenyatskaya M.A. Practical aspects of using the method of analyzing hierarchies for a politi-criteria comparative analysis of portfolio alternatives Bulletin of BSTU named after. V.G. Shukhov, 2017, no. 1, pp. 223–227.
17. Privalov A.A., Kravtsov A.O., Vandich A.P., Gorbach A.N. The method of selecting priority elements of ITCS, functioning in conditions of application of targeted attacks by an organized violator Proceedings of CNIIS. St. Petersburg filial agency, 2016, vol. 1, no. 2 (3), pp. 55–64.
18. Voronovsky V.V., Dudko A.N., Pazdnikov V.Yu., Savaniy E.P., Usikov S.B. The task of increasing the ratio of the consistency of expert assessments in determining the importance of the characteristics of the objects under investigation. Cosmonautics and rocket science, 2017, no. 1 (94), pp. 46–53.

Information about the author

Voronkov, Ivan E. Senior lecturer. E-mail: voronkovie@mgsu.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26.

Received in July 2018

Для цитирования:
Воронков И.Е. Вектор глобальных приоритетов метода анализа иерархий как относительный показатель уровня надежности потенциальных участников инвестиционно-строительных проектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №12. С. 137–145. DOI: 10.12737/article_5bf7e35fd74483.00537194

For citation:
Voronkov I.E. The vector of global priorities in the analytic hierarchy process as a relative indicator of the reliability of potential participants of investment and construction projects. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 120, pp. 137–145. DOI: 10.12737/article_5bf7e35fd74483.00537194

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/article_5bf7e360d27c69.40810706

[1,*]Старикова М.С., [2]Растопчина Ю.Л.

[1]*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
[2]*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
**E-mail: starikova.ms@bstu.ru*

ВЫБОР МОДЕЛИ СОТРУДНИЧЕСТВА С КОРПОРАТИВНЫМИ ПОКУПАТЕЛЯМИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. *В статье обоснована необходимость развития методических положений по выбору моделей сотрудничества с покупателями на рынке строительных материалов в силу наличия выявленных особенностей. Авторами систематизированы модели взаимодействия с корпоративными клиентами по принципу аналогии, исходя из показателей ожидаемой результативности сотрудничества и зависимости от корпоративного покупателя. Конкретизированы частные показатели, образующие показатели результативности и зависимости, а также приведены шкалы их оценки. На основе опроса экспертов выявлены критерии оптимальности клиентского портфеля предприятий на рынке строительных материалов. В методике предполагается вариативность адаптивного поведения предприятий промышленности строительных материалов по отношению к клиентам. Модели дифференцированы по приоритетному направлению инвестирования, требуемой частоте диагностики, готовности к изменениям, приоритету в отношениях, роли предприятия промышленности строительных материалов в системе двустороннего сотрудничества.*

Ключевые слова: *партнерство, деловое взаимодействие, сотрудничество, клиентский портфель.*

Введение. Система взаимоотношений предпринимательских организаций видоизменяется под влиянием складывающихся в социально-экономической среде условий и становится особым объектом менеджмента, требующим дополнительного исследования и теоретико-методологического развития. Контекст формирования клиентского портфеля и выстраивания связей с корпоративными покупателями в настоящее время обусловлен реализуемой на национальном и региональных уровнях промышленной политикой [1] и политикой импортозамещения [2], кластерообразованием как приоритетным принципом формирования партнерств [3], повышением внимания к коммерциализации инноваций [4], необходимостью роста человеческого капитала [5], изменением конкурентной среды и факторов конкурентной устойчивости [6], проблематикой инвестирования технологической модернизации [7], востребованностью стратегии ресурсосбережения [8], трансформацией глобализационных трендов [9],

Различные аспекты взаимодействия предприятий с покупателями исследуются современными авторами: от стратегических аспектов выстраивания отношений [10], их капитализации [11] и управления эффективностью клиентской базы [12] до проблем квазиинтеграции [13], использования потенциала интернет-технологий во взаимодействии [14] и формирования лояльности покупателей [15]. Промышленность строительных материалов характеризуется длительностью сотрудничества с корпоративными покупателями, относительной стабильностью клиентского портфеля. Вместе с тем, продукция предприятий отрасли отличается стандартизацией, что снижает возможности удержания клиентов за счет дифференциации и создания уникального коммерческого предложения. Данные тезисы определяют необходимость разработки специфических подходов к управлению взаимодействиями с корпоративными покупателями строительных материалов. Следует учитывать, что сбалансированность системы взаимодействий влияет на эффективность деятельности предприятия, а также на динамику денежного потока, на репутацию компании и долгосрочную лояльность к ее бренду, на рыночную устойчивость и многие другие составляющие корпоративной адаптивности, обусловленные формированием набора стратегически важных партнерств. Рынок строительных материалов зависим от ситуации в стройиндустрии, отличается сезонностью, что дополнительно определяет значимость разработки методических положений по систематизации моделей сотрудничества предприятий с различными покупательскими аудиториями.

Вводя в научный оборот понятие «портфель клиентских взаимодействий», мы понимаем под

ним сбалансированный с точки зрения ожидаемой результативности и зависимости набор групп сложившихся у компании отношений с корпоративными покупателями. В свою очередь, модель взаимодействия – это обобщенное представление о типе адаптивного поведения предприятия промышленности строительных материалов (ПСМ) в отношении определенного субъекта взаимодействия в клиентской среде.

Методика. Выбор моделей взаимодействия предлагается производить на основе оценки: а) ожидаемой результативности развития клиентского взаимодействия (КВ), основанной на выделении и экспертной оценке показателей кросс-соответствия, взаимной заинтересованности, ожидаемой удовлетворенности складывающимися отношениями для каждой формы КВ; б) степени зависимости компании от субъекта КВ. Степень зависимости от партнера, на наш взгляд, определяется тремя компонентами: относительной и абсолютной включенностью контрагента во взаимодействие и уникальностью предмета взаимодействия.

Предлагаемый к разработке тип адаптивных моделей сотрудничества с покупателями относится к аналогово-натурным, то есть тем, которые позволяют воссоздать изучаемое явление по аналогии с существующими реальными системами.

Портфель КВ предприятия ПСМ может быть сбалансирован по различным параметрам: по степени риска, по срокам жизненного цикла сотрудничества, по технологическим, рыночным аспектам и пр. Однако наиболее существенными аспектами уравновешивания портфеля мы считаем ожидаемую результативность развития системы отношений с партнерами и зависимость от субъекта сотрудничества. Первый аспект содержит в себе идею максимизации ценности, второй – стратегической обусловленности. На основе оценки данных составляющих производится выбор модели взаимодействия с покупателями.

Учитывая данный тезис, мы описали последовательность формирования системы эффективных взаимодействий (рис. 1), основными методическими блоками которой являются оценка ожидаемой результативности развития взаимодействий и определение зависимости от субъекта взаимодействия.

Предлагаемый в работе подход к оценке результативности КВ основан на анализе возникающих двусторонних отношений.

Рис. 1. Последовательность формирования системы эффективных деловых взаимодействий

В процессе расчета требуется процедура усреднения, для которой рекомендуется использовать среднее арифметическое, так как используется предположение, что совокупные признаки представляет собой сумму значений варьирующих признаков. Измерение показателей предлагается проводить экспертным путем по пятибалльной системе.

Ожидаемая результативность взаимодействия складывается из показателей взаимной удовлетворенности сотрудничеством, заинтересованности и соответствия контрагентов:

$$EI = \frac{MC+MI+CS}{3}, \quad (1)$$

где EI – ожидаемая результативность взаимодействия, баллы; MC – кросс-соответствие предприятия ПСМ и субъекта КВ, баллы; MI – взаимная заинтересованность сторон взаимодействия, баллы; CS – взаимная удовлетворенность сотрудничеством, баллы.

Кросс-соответствие (MC) складывается из показателей, являющихся общими для обеих сторон:

$$MC = \frac{WC+MSC+TC+HRC+FC+RC}{6}, \quad (2)$$

где WC – готовность к сотрудничеству; MSC – соответствие систем управления компаний, вступающих во взаимодействие; TC – технологическое соответствие сотрудничающих компаний; HRC – соответствие кадрового потенциала взаимодействующих сторон; FC – соответствие финансового состояния взаимодействующих сторон; RC – репутационное соответствие сотрудничающих компаний.

Показатель готовности к сотрудничеству отражает поведенческое соответствие компаний, глубину сложившихся совместных отношений, степень компаниональности взаимодействия, сходство корпоративных культур. Соответствие систем управления является, на наш взгляд, важным показателем, свидетельствующим о подобии принципов и организационного построения компаний, преследуемых интересов менеджмента и возможности совмещения программных средств, используемых при управлении предприятием ПСМ. Технологическое соответствие указывает на сходство и совместимость совершаемых операций, уровня технологий, графиков работы, то есть всего того, что определяет производительность и операционную мощность организаций. Соответствие кадрового потенциала характеризует близость уровня квалификации кадров, используемых программ развития персонала и методов управления человеческими ресурсами. Показатель соответствия финансового состояния отражает перспективность сотрудничества с точки зрения обеспеченности компаний финансовыми ресурсами, сложившейся практики финансовых взаимоотношений, платежеспособности. Репутационное соответствие указывает на степень репутационного риска сотрудничества, определяя отрицательные и положительные эффекты синергии имиджей.

Взаимная заинтересованность (MI) сторон взаимодействия в развитии партнерских отношений определяет стратегическую целесообразность сотрудничества, обуславливающую возможность достигать поставленные в компаниях цели и задачи:

$$MI = \frac{EP+P+CV+CD+SF+SL+CP}{7}, \quad (3)$$

где EP – потенциал роста эффективности взаимодействующих компаний; PP – потенциал укрепления позиции в цепи поставки, заложенный в сотрудничестве между компаниями; CV – объем и регулярность сотрудничества взаимодействующих сторон; CD – глубина и уровень сотрудничества; SF – стратегическая направленность сотрудничества; SL – уровень синергии; CP – наличие компенсаторных возможностей.

Шкала оценки взаимного соответствия и взаимной заинтересованности сторон взаимодействия была описана ранее в статье «Оценка ожидаемой результативности партнерских взаимодействий предпринимательских структур», опубликованной в № 5 данного журнала за 2016 год.

Компоненты **ожидаемой удовлетворенности взаимодействием** (CS) определяются по формулам:

$$CS = \frac{RS_{IC}+RS_{CA}+PS}{3}, \quad (4)$$

где RS_{IC} – удовлетворенность предприятия ПСМ результатами сотрудничества с покупателем; RS_{CA} – удовлетворенность покупателя результатами сотрудничества с предприятием ПСМ; PS – удовлетворенность контрагентов процессом взаимодействия.

Удовлетворенность предприятия ПСМ результатами сотрудничества с покупателями (RS_{IC} (с)) представлена совокупностью показателей:

$$RS_{IC}\ (\text{с}) = \frac{PT+CL+AV}{3}, \quad (5)$$

где PT – своевременность платежа; CL – уровень рекламаций; AV – добавляемая ценность.

Показатель **добавляемой ценности** учитывает степень выполнения посредником (корпоративным покупателем) возлагаемых на него функций по обеспечению распространенности продукции на возможно большей территории сбыта, по популяризации широкого ассортимента выпускаемых изделий, по обеспечению коммуникационной поддержки бренда предприятия ПСМ, по сокращению расходов в системе сбыта. Система оценки показателей, необходимых для нахождения RS_{IC} (с), приведена в табл. 1.

Таблица 1

Оценочная карта с системой показателей и шкалой оценки удовлетворенности ПК результатами сотрудничества с корпоративными покупателями

Показатель	Оценка в соответствии с лингвистическими переменными				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Своевременность оплаты поставки	Практикуются постоянное несоблюдение сроков и объема платежей	Отмечаются частые срывы исполнения обязательств по оплате	Отмечаются редкие срывы исполнения обязательств по оплате	Сроки и объемы платежей соблюдаются полностью	Сроки платежа соблюдаются Используется частичная или полная авансовая оплата поставки.
Уровень рекламаций	Количество рекламаций значительно выше среднего по рынку	Количество рекламаций выше среднего, отмечается ухудшение взаимодействия	Количество рекламаций соответствует среднему уровню	Число рекламаций ниже среднего по рынку, отмечается улучшение взаимодействия	Число рекламаций ничтожно мало
Добавляемая ценность	Посредник не обеспечивает широкую представленность ассортимента выпускаемой корпорацией продукции в востребованных на рынке объемах по привлекательной цене и с необходимой коммуникационной поддержкой	Посредник обеспечивает один из параметров роста ценности предложения промышленной корпорации	Посредник обеспечивает несколько параметров роста ценности предложения промышленной корпорации	Посредник обеспечивает большую часть параметров роста ценности предложения промышленной корпорации	Посредник обеспечивает широкую представленность ассортимента выпускаемой корпорацией продукции в востребованных на рынке объемах по привлекательной цене и с необходимой коммуникационной поддержкой

Удовлетворенность покупателя результатами сотрудничества с предприятием ПСМ в сфере **сбыта**, обусловлена параметрами:

$$RS_{CA}\ (\text{с}) = \frac{SA+SR+PC+PA+PQ+MD+CL}{7}. \qquad (6)$$

где SA – приемлемость системы сервиса, используемой предприятием ПСМ; SR – надежность поставок; PC – комфортность условий платежей; PA – доступность цен; PQ – качество поставляемого продукта; MD – степень соблюдения сроков исполнения обязательств; CL – уровень рекламаций.

Шкала для оценки показателей удовлетворенности корпоративного покупателя результатами сотрудничества с предприятием ПСМ приведена в табл. 2.

Последним компонентом ожидаемой результативности взаимодействия, требующим описания, является **удовлетворенность контрагентов процессом взаимодействия**:

$$PS = \frac{ST+CA+IT+ES}{4}, \qquad (7)$$

где ST – своевременность наступления стадий взаимодействия; CA– коммуникационная доступность; IT – информационная открытость; ES – психологическая удовлетворенность.

Порядок количественной оценки данных показателей приведен в табл. 3.

Поскольку предложенная система оценки имеет 5-балльную шкалу, то необходимо рассчитывать относительный показатель (I_{EI}), имеющий индексный вид, что позволит в дальнейшем использовать его для сопоставления с другими параметрами оценки системы рыночных взаимодействий:

$$I_{EI} = \frac{EI}{5}. \qquad (8)$$

Степень зависимости от покупателя, на наш взгляд, определяется тремя компонентами: относительной и абсолютной включенностью контрагента во взаимодействие и уникальностью предмета взаимодействия (табл. 4).

Расчет показателей зависимости предприятия ПСМ от покупателей ведется по представленным ниже формулам.

Относительный объем взаимодействия с покупателем (V_C) показывает вклад покупателя в общий объем продаж по приобретаемым продуктам:

$$V_C = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n}, \qquad (9)$$

где d_i – доля покупателя в продажах продукта i, i=1, …, n; n – количество закупаемых покупателем на предприятии ПСМ продуктов.

Включенность в сотрудничество (A_C) отражает абсолютный объем взаимодействия и рас-

считывается на основе выявления доли покупателя в совокупной пятилетней выручке предприятия от продаж:

$$A_C = \frac{\sum_{t=1}^{5} R_t}{R_{sum}}, \quad (10)$$

где R_t – стоимостной объем закупок покупателя за год t, t= 1, …, 5; R_{sum} – общая выручка от продаж предприятия ПСМ за 5 лет.

Таблица 2

Оценочная карта с системой показателей и шкалой оценки удовлетворенности корпоративного покупателя результатами сотрудничества с предприятием ПСМ

Показатель	Оценка в соответствии с лингвистическими переменными				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Приемлемость системы сервиса	Система сервиса отсутствует	Сопровождение продукта недостаточное и возможности развития системы сервиса отсутствуют	Система сервиса недостаточно действенна, но имеются возможности ее развития	Система сервиса удовлетворительная и постоянно совершествуется	Высокопрофессиональная система сервиса
Надежность поставок	Систематические значительные отклонения от обязательств по большинству пунктов	Систематические значительные отклонения от договорных условий по некоторым пунктам	Систематические небольшие отклонения от договорных условий	Единичные случаи отклонений от обязательств	Точное соответствие договорным обязательствам
Комфортность условий платежа	Полная предоплата	Превалирующая предоплата	Частичная и обсуждаемая предоплата	Оплата по факту снабжения	Все возможные условия платежа
Доступность цен	Значительное превышение над среднерыночной ценой и сложность процедуры согласования цен	Цены поставщика выше среднерыночных и условия скидок трудновыполнимы	Цены поставщика соответствуют средним и системы скидок прозрачны, но недостаточно привлекательны	Цены поставщика ниже среднерыночных, система скидок удовлетворительна	Значительно более выгодные цены, чем в среднем на рынке, система скидок привлекательна
Уровень качества поставляемого продукта	Редко отвечает стандартам, работа по повышению качества не проводится	Отмечаются случаи несоответствия минимальным требованиям по качеству, характерен начальный уровень организации деятельности по сертификации	Соответствие стандартам, внедрение систем управления качеством	Качество выше требований стандарта, система управления качеством имеет незначительные недостатки	Лучшее качество на рынке, быстрая реакция на рекламации, высокий уровень развития систем управления качеством
Степень соблюдения сроков выполнения поставок	Значительное отставание поставок от срока, превышение среднего времени поставок	Несистематически отмечающиеся задержки поставок, превышающие среднее время поставки	Небольшие отклонения от срока поставки, не превышающие среднее по рынку время поставок	Отсутствие задержек поставок, но сроки выполнения хуже, чем у конкурентов	Точное и быстрое по сравнению с конкурентами выполнение поставок
Уровень рекламаций	Количество рекламаций значительно выше среднего по рынку	Количество рекламаций выше среднего, отмечается ухудшение взаимодействия	Количество рекламаций соответствует среднему уровню	Число рекламаций ниже среднего по рынку, отмечается улучшение взаимодействия	Число рекламаций ничтожно мало

Таблица 3

Оценочная карта с системой показателей и шкалой оценки удовлетворенности сторон процессом взаимодействия

Показатель	Оценка в соответствии с лингвистическими переменными				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Своевременность наступления каждой стадии сотрудничества	Наблюдается постоянные срывы сроков выполнения этапов сотрудничества в процессе взаимодействия	Наблюдается частые срывы сроков выполнения этапов сотрудничества в процессе взаимодействия	Наблюдается периодически возникающие срывы сроков выполнения этапов сотрудничества в процессе взаимодействия	Наблюдается редкие срывы сроков выполнения этапов сотрудничества в процессе взаимодействия	Имеет место четкое соблюдение всех этапов процесса взаимодействия
Коммуникационная доступность компаний	Взаимодействие сопровождается значительными сложностями в осуществлении коммуникаций, характерными для всех сторон	Взаимодействие сопровождается значительными сложностями в осуществлении коммуникаций, характерными для части взаимодействующих сторон	Процесс взаимодействия характеризуется средней коммуникационной доступностью сотрудничающих компаний	Процесс взаимодействия характеризуется высокой коммуникационной доступностью большинства сотрудничающих компаний	Процесс взаимодействия характеризуется высокой коммуникационной доступностью всех сотрудничающих компаний
Информационная открытость компаний	Взаимодействие сопровождается информационной закрытостью всех сторон	Взаимодействие сопровождается значительными сложностями в получении информации о взаимодействующих сторонах	Процесс взаимодействия характеризуется средней информационной прозрачностью	Процесс взаимодействия характеризуется высокой информационной прозрачностью большинства сотрудничающих компаний	Процесс взаимодействия характеризуется высокой информационной прозрачностью
Психологическая удовлетворенность	Имеет место эмоциональная, личностная несовместимость участников процесса взаимодействия	Отмечаются сложности в достижении психологической удовлетворенности участников процесса взаимодействия	Отмечаются психологические помехи в реализации процесса взаимодействия	Реализация процесса взаимодействия связана с высоким уровнем психологической удовлетворенности участников	Реализация процесса взаимодействия связана с полной психологической удовлетворенностью участников

Таблица 4

Показатели зависимости предприятия ПСМ от покупателей

Показатель	Порядок расчета
Относительный размер взаимодействия	Суммарная доля покупателя в продажах по всем приобретаемым продуктам, соотнесенная с количеством приобретаемых данным покупателем продуктов
Включенность во взаимодействие	Накопленный объем продаж по покупателю за пять лет, соотнесенный с общекорпоративным объемом продаж за пять лет
Степень уникальности сотрудничества	Доля покупателя в емкости рынка по укрупненной группе продуктов

Степень уникальности сотрудничества (U_C) показывает долю покупателя в емкости рынка приобретаемого продукта:

$$U_C = \sum_{i=1}^{n} \frac{R_i}{CM_i} / n \,, \qquad (11)$$

где R – годовой объем закупок покупателем продукта, выпускаемого предприятием ПСМ; CM – емкость рынка продуктовой категории; n – количество приобретаемых у предприятия ПСМ продуктов, i=1, …, n;.

Интегральный индекс зависимости от покупателя (I_{Dc}) рассчитывается по формуле:

$$I_{Dc} = \frac{(V_C + A_C + U_C)/3}{D_{C\,norm}}, \quad (12)$$

где $D_{C\,norm}$ – нормативное значение зависимости от покупателя.

Выводы. Экспертным путем установлено, что пограничным значением указанных выше показателей, устанавливающим наличие зависимости от покупателя продукции ПСМ ($D_{C\,norm}$), является 0,18 или 18 %. Соответственно, если $I_C > 1$, то отношения с покупателем трактуются как взаимодействие с высокой зависимостью предприятия ПСМ. В случае если $I_C < 1$, то зависимость от покупателя признается низкой.

На основе индекса ожидаемой результативности развития взаимодействий и индекса зависимости от партнера строится матрица выбора модели сотрудничества с покупателем (рис. 2). Помимо этого, матрица позволяет разбить клиентский портфель предприятия ПСМ на структурные элементы, что в итоге помогает определить степень его оптимальности. Оптимальным портфелем КВ считается тот, в котором имеют место минимальные отклонения от нормативных долей каждой модели поведения в общей структуре:

$$L_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |D_{Ni} - D_{Fi}|}{n}, \quad (13)$$

где L_{opt} – уровень оптимальности портфеля КВ; D_{Ni} – нормативная доля i-той модели КВ в портфеле, %; D_{Fi} – фактическая доля i-той модели КВ в портфеле, %.

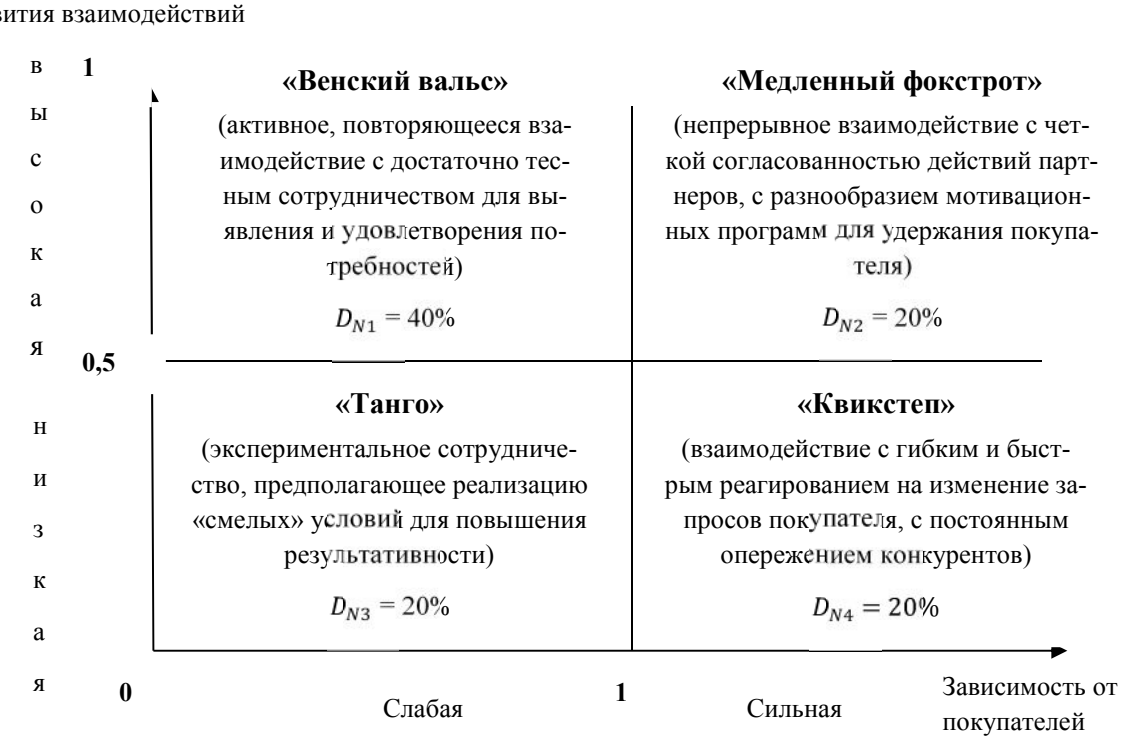


Рис. 2. Модели КВ с покупателями

Нормативные доли для каждой модели КВ на представленных матрицах определены экспертами. В случае, если $L_{opt} < 10$ %, то портфель КВ признается оптимальным. Более подробное описание моделей КВ предполагает уточнение приоритетного направления инвестирования, требуемой частоты диагностики, готовности к изменениям, приоритета отношений, роли предприятия ПСМ в системе двустороннего сотрудничества.

Моделям КВ с покупателями можно дать следующее описание:

Модель «Венский вальс»: инвестиции направлены на поддержание удовлетворенности и в маркетинг для роста объемов сотрудничества, частота диагностики соответствует периодичности закупок, готовность к изменениям – средняя, роль продавца – лидирующая. Приоритетными для компании являются поддержка заинтересованности покупателя в своей продукции и управление относительным размером взаимодействия.

Модель «Медленный фокстрот»: инвестирование продуктовых инноваций и мотивационных программ для поддержки лояльности покупателей при частой диагностике отношений, высокой гибкости и партнерской роли сторон ПВ. Приоритет отдается усилению со-преимуществ, взаимных выгод.

Модель «Танго»: цель инвестирования – адаптация продукта к требованиям покупателя,

оценка конкурентной среды для поиска нишевого свойства товара, частота диагностики соответствует периодичности закупок, гибкость – средняя, приоритет во взаимодействии – эксперименту, роль продавца – лидирующая.

Модель «Квикстеп»: акцент на росте удовлетворенности и заинтересованности партнера, повышении соответствия предпринимательской организации нормам КВ покупателя, развитии конкурентного преимущества, партнерство в КВ. Частота диагностики – чаще периодичности закупок, готовность к изменениям – высокая, приоритет во взаимодействии – усиление со-преимущества и заинтересованности покупателя.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубино Н.В. Промышленная политика как инструмент государственного регулирования развития приоритетных отраслей экономики // Белгородский экономический вестник. 2015. № 4 (80). С. 157–166.

2. Дубровина Т.А. Импортозамещение в РФ как способ повышения конкурентоспособности отечественных промышленных предприятий // Белгородский экономический вестник. 2015. № 3 (79). С. 73–76.

3. Куприянов С.В., Стрябкова Е.А. Место кластера в системе хозяйственного планирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 3-2. С. 330–334.

4. Schetinina E.D., Doroshenko Y.A. and Ovtcharova N.V. The problems of innovations commercialization and approaches to their decision. International Business Management, 2015, 9(6): 1074–1078.

5. Chizhova E.N., Davydenko T.A., Kazhanova E.Y. Improving of human capital assessment methodology as a basis for improving the management of human resources in new economy. Middle East Journal of Scientific Research, 2013. 15(12): 1866–1870.

6. Дорошенко Ю.А., Голубоцких М. Конкурентный потенциал как ресурсная составляющая конкурентной устойчивости предприятия // Белгородский экономический вестник. 2017. № 1 (85). С. 21–26.

7. Глаголев С.Н., Щетинина Е.Д. Модернизация как разновидность конкурентной стратегии промышленных предприятий // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 43–47.

8. Глаголев С.Н., Волкова С.В. Реализация инноваций и инвестиций в ресурсосбережении // Белгородский экономический вестник. 2010. № 3 (59). С. 10-17.

9. Пономарева Т.Н., Разманов П.О. Предпосылки интенсификации интеграции в условиях глобализации // Наука и образование: новое время. 2017. № 4 (21). С. 37–40.

10.Наумов В.Н. Стратегические продажи: бизнес-модель и методические аспекты взаимодействия с покупателями // Стратегический менеджмент. 2013. № 1. С. 36–52.

11.Попова Ю.Ф. Капитал межфирменных отношений: понятие и методология измерения // Управленец. 2017. № 4. С. 32–38.

12.Крюкова А.А. Организация эффективного управления клиентской базой на основе маркетинга отношений // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2010. № 10 (72). С. 56–60.

13.Котляров И.Д. Квазиинтегация как новая модель взаимодействия продавцов и покупателей // Многоуровневое общественное воспроизводство: вопросы теории и практики. 2013. № 5 (21). С. 162–171.

14.Попок Л.Е., Сивидов И.Г. Использование потенциала современных интернет-технологий в российской экономике // Современная экономика: проблемы и решения. 2013. № 7 (43). С. 122–127.

15.Доан М.Л. Актуальные проблемы взаимодействия с клиентами и пути их решения //Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. Вступление. Путь в науку. 2015. № 1-2 (11). С. 53–58.

Информация об авторах

Старикова Мария Сергеевна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры маркетинга. E-mail: starikova.ms@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Растопчина Юлия Леонидовна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры мировой экономики. E-mail: rastopchina@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Поступила в марте 2018 г.

© Старикова М.С., Растопчина Ю.Л., 2018

[1,*]Starikova M.S., [2]Rastopchina Y.L.
[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
[2]Belgorod State National Research University
Russia, 308015, Belgorod, st. Pobedy, 85
*E-mail: starikova.ms@bstu.ru

SELECTING A MODEL OF COOPERATION WITH CORPORATE BUYERS IN THE REGIONAL MARKET OF BUILDING MATERIALS

Abstract. *The article substantiates the necessity of developing methodological provisions for choosing models of cooperation with buyers in the building materials market due to revealed features. The authors systematize the models of interaction with corporate clients on the principle of analogy, based on expected effectiveness of cooperation and dependency on corporate buyer. Sub-indicators that form indicators of effectiveness and dependency are specified, as well as scales for their evaluation. Based on the experts' survey, the criteria for optimization of the enterprises client portfolio in the building materials market is identified. The methodology assumes a variability of adaptive behavior of enterprises in relation to customers. The models are differentiated according to the priority direction of investment, the required frequency of diagnosis, the readiness for changes, the priority in relations and the role of enterprise in the construction materials industry in the system of bilateral cooperation.*

Keywords: *partnership, business interaction, cooperation, client portfolio*

REFERENCES

11. Dubino N.V. Industrial policy as an instrument of state regulation of the development of priority sectors of the economy. Belgorod economic bulletin, 2015, no. 4 (80), pp. 157–166.

12. Dubrovina T.A. Import substitution in the Russian Federation as a way to increase the competitiveness of domestic industrial enterprises. Belgorod economic bulletin, 2015, no 3 (79), pp. 73–76.

13. Kupriyanov S.V., Stryabkova E.A. Place of the cluster in the system of economic planning. Fundamental research, 2014, no. 3-2, pp. 330–334.

14. Schetinina, E.D., Doroshenko Y.A. and Ovtcharova N.V. The problems of innovations commercialization and approaches to their decision. International Business Management, 2015, 9(6): 1074–1078.

15. Chizhova, E.N., Davydenko T.A., Kazhanova E.Y. Improving of human capital assessment methodology as a basis for improving the management of human resources in new economy. Middle East Journal of Scientific Research, 2013, 15(12): 1866–1870.

16. Doroshenko Y.A., Golubotskikh M. Competitive potential as a resource component of the enterprise's competitive stability. Belgorod economic bulletin, 2017, no. 1 (85), pp. 21–26.

17. Glagolev S.N., Shchetinina E.D. Modernization as a variant of the competitive strategy of industrial enterprises. Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 2012, no 1, pp. 43–47.

18. Glagolev S.N., Volkova S.V. Realization of innovations and investments in resource saving. Belgorod economic bulletin, 2010, no. 3 (59), pp. 10-17.

19. Ponomareva T.N., Razmanov P.O. Prerequisites for the intensification of integration in the context of globalization. Science and education: a new era, 2017, no. 4 (21), pp. 37–40.

20. Naumov V.N. Strategic sales: business model and methodical aspects of interaction with customers. Strategic management, 2013, no. 1, pp. 36–52.

21. Popova Y.F. Capital inter-firm relations: the concept and methodology of measurement. Manager, 2017, no. 4, pp. 32–38.

22. Kryukova A.A. The organization of effective management of client base on the basis of marketing of relations. Bulletin of the Samara state economic university, 2010, no. 10 (72), pp. 56–60.

23. Kotlyarov I.D. Quasi-integration as a New Model of the Interaction of Sellers and Buyers. Multilevel Public Reproduction: Questions of Theory and Practice, 2013, no. 5 (21), pp. 162–171.

24. Popok L.E., Sividov I.G. Using the potential of modern Internet technologies in the Russian economy. Modern economy: problems and solutions, 2013, no. 7 (43), pp. 122–127.

25. Doan M.L. Actual problems of interaction with customers and ways to solve them. Bulletin of the G.V. Plekhanov Russian Economic University, 2015, no. 1–2 (11), pp. 53–58.

Information about the authors
Starikova, Maria S. DSc, Professor. E-mail: starikova.ms@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46, Kostyukova st., Belgorod, 308012, Russia.

Rastopchina, Julia L. PhD, Assistant professor. Belgorod State National Research University. Russia, 308015, Belgorod, st Pobedy, 85.

Received in March 2018

Для цитирования:
Старикова М.С., Растопчина Ю.Л. Выбор модели сотрудничества с корпоративными покупателями на региональном рынке строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 146–155. DOI: 10.12737/article_5bf7e360d27c69.40810706

For citation:
Starikova M.S., Rastopchina Y.L. Selecting a model of cooperation with corporate buyers in the regional market of building materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 146–155. DOI: 10.12737/article_5bf7e360d27c69.40810706

DOI:10.12737/article_5bf7e361ae9ad0.81979736

[1]**Чижова Е.Н.**, [1,]***Сорокина В.Ю.**, [1]**Веснина О.О.**, [1]**Осыченко Е.В.**
[1]*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
**E-mail: viktoria.sorokina@yandex.ru*

КОНЦЕПЦИЯ МОНИТОРИНГА В УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Аннотация. *Для национальной экономики состояние и развитие промышленности имеет большое значение. Промышленность всегда являлась двигателем экономики, от ее состояния зависит обеспеченность общества материальными благами. Учитывая обеспеченность нашей страны всевозможными ресурсами, состояние промышленности во многом определяет независимость национальной экономики. Эффективность функционирования промышленного предприятия зависит от точного и правильного обозначения его места на рынке и определения пути своего дальнейшего развития. Управление промышленным предприятием, а также стратегические изменения руководитель осуществляет, не только основываясь на своем опыте, но и на используемой им информации для принятия решений. Для достижения плановых результатов руководителю предприятия любой сферы необходимо постоянно следить за его текущей деятельностью, своевременно корректировать управленческие решения. Это осуществляется путем сравнения экономических и финансовых фактических результатов с заранее запланированными. В связи с выбором экономикой России инновационного пути развития, инновации в современной экономике становятся основным фактором экономического роста предприятия. От эффективности внедрения инноваций, улучшения на их основе качества производимой продукции и предоставляемых услуг, повышения уровня технического и технологического развития, зависит уровень конкурентоспособности, что укрепляет положение предприятия на рынке. Важную роль в инновационном развитии предприятий строительной отрасли играет эффективная организация взаимодействия государства с бизнесом и наукой. Мероприятия, ведущие к разнообразию в экономической политике предприятия, способствуют его инновационному развитию.*

Ключевые слова: *строительное производство, факторы инновационной среды, инновационное развитие, строительная отрасль, концепция мониторинга, управление инновационным предприятием, инновационная среда.*

В современных экономических условиях предприятие рассматривается как сложная экономическая система, в которой осуществляется управления различными процессами, среди которых инновационное развитие является ведущим и определяющим. Эффективность деятельности предприятия напрямую зависит от направления, устойчивости, гибкости процесса инновационного развития.

Возрастает роль инновационной деятельности промышленных предприятий. В связи с этим возникают новые требования к выбору наиболее эффективных механизмов оценивания и использования инновационного потенциала, а, следовательно, управления инновационной деятельностью предприятия. В связи с этим отечественные и зарубежные ученые сосредотачивают свое внимание на инновационном потенциале промышленного предприятия.

Инновационная активность предприятий в России невелика. В настоящее время производимая оценка на промышленных предприятиях России разработок и изобретений, имеющих инновационную перспективу, в определенной степени носит интегрирующий характер (табл. 1).

Данные приведены на основе расчета средней арифметической взвешенной:

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \times x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}, \qquad (1)$$

где x_i – степень влияния научно-технических разработок на инновационное развитие на i-е предприятие отрасли (в баллах), w_i – частота повторения баллов, $\sum_{i=1}^{n} w_i$ – сумма частот (количество организаций в отрасли).

Данная оценка позволяет определить степень инновационных возможностей организаций для реализации инновационного процесса.

Результат деятельности предприятия непосредственно зависит от наиболее активного элемента системы управления, а именно – ее механизма. Исследования, проводимые в области функционирования механизма управления развитием предприятия, определяют его как единую организационно-хозяйственную структуру, в которой ведущую роль играет информационная подсистема.

Таблица 1

Оценка влияния научной базы технических разработок и изобретений на инновационное развитие предприятия [3]

Отрасль промышленности	Оценка влияния научно-технических разработок на инновационное развитие	Нормативное значение показателя
Черная и цветная металлургия	2,75	> 3,0
Электроэнергетика	2,85	> 3,0
Химическая и нефтехимическая промышленность	2,57	> 3,5
Машиностроение	3,52	> 3,5

Эффективное управление современными промышленными предприятиями должно осуществляться их руководителями на основе знаний, опыта, а также с применением современных механизмов формирования стратегии предприятия. Управление – процесс планирования, организации, мотивации и контроля, необходимый для формулировки и достижения целей предприятия. Управление – это процесс, состоящий из функций, которые взаимосвязаны между собой.

Под управленческим решением, как правило, понимается процесс выбора, основанный на имеющейся информации в соответствии с выбранным критерием одной из возможных альтернатив разрешения конкретной управленческой ситуации [6].

При принятии управленческих решений возникает необходимость оценки степени развития промышленного предприятия, применение такого инструмента, как мониторинг. Первоначально мониторинг представлял собой постоянное наблюдение за исследуемым объектом. Мониторинг (от англ. monitoring – контроль, наблюдение – происходит от лат. корня monitor – надзирающий). В настоящее время мониторинг можно рассматривать как технологию управления; как способ контроля над сложившейся ситуацией; мониторинг может выступать фактором снижения риска при разработке стратегии или управленческих решений [14].

Мониторинг в научной и специальной литературе представляет собой способ исследования явлений и процессов, используемый во всевозможных науках для выявления динамики состояния исследуемых объектов.

С практической точки зрения, мониторинг на предприятии – это инструмент управления, предназначенный для обеспечения руководителя своевременной и достоверной информацией для принятия управленческих решений [2].

Проблемам использования мониторинговых исследований при управлении промышленным предприятием посвящены научные труды известных российских и зарубежных ученых. Сущностное понимание категории мониторинга раскрывают в своих работах Карева Т.А., Миняшкина В.В., Перевалов Ю.В., Титоренко Г.А., Уилсон Э., Фитуни Л. Л. и ряд других авторов.

В трудах Уилсона Э. рассматриваются основные характеристики мониторинга. Автор обосновывает его базовые элементы, предлагает построение системы мониторинга для исследования объекта.

Карева Т.А. и Миняшкина В.В. описывают сущность мониторинга в современных условиях, обосновывают основные элементы системы мониторинга промышленного предприятия. Фитуни Л.Л. описывает проблемы финансового мониторинга, а также его особенности в рыночной экономике.

Следует отметить, что в работах названных ученых не учитывается отраслевая специфика, прослеживается именно сущностный подход, не отображается влияние использование системы мониторингового исследования на эффективность деятельности промышленного предприятия.

Существует и другие подходы к пониманию мониторинга промышленного предприятия. Гараджа М.Ю., Крейнина М.Н, Сергеев И.В. и другие описывают узконаправленные системы мониторинга. Так, в работах Гараджи М.Ю., Крейниной М.Н., система мониторинга применяется только для финансового контроля деятельности предприятия, а Скрипник К.Д, Гергелева А.Э, Тараненко В.И. предлагают использовать системы мониторинга в управлении персоналом [11].

Существует точка зрения, что в результате использования узкоспециализированой ориентации мониторинга может пострадать контроль

других направлений деятельности промышленного предприятия. Как отмечают [2], отраслевой подход к структуре системы мониторинга не является в полной мере эффективным, ведь суть мониторинга – это систематическое отслеживание результатов деятельности предприятия и ее коррекция.

Проведение мониторинга на промышленном предприятии выполняет информационную функцию для поддержки принятия и исполнения решений по изучаемым объектам. Для промышленного предприятия задачами мониторинга являются: обеспечение руководства достоверной и своевременной информацией о деятельности и экономическом состоянии; диагностика и предупреждение кризисных ситуаций в деятельности предприятия; формирование показателей эффективности управления; оперативное выявление изменений; формирование оценки ситуации для своевременного принятия управленческого решения.

На основе полученных данных мониторинговых исследований происходит корректировка управленческих решений. Основой этих решений служит анализ и прогноз дальнейшего развития промышленного предприятия [4]. Данные мониторинга позволяют принимать управленческие решения, основываясь на оценке анализе макро- и микро- параметров, таких как: экономическое состояние предприятия; инвестиционный климат; уровень развития реального и финансового секторов экономики.

Наличие системы мониторинговых показателей на предприятии – это возможность получения более полной информации, по сравнению с более узкими формами отчетности: статистической и финансовой. В связи с этим, управление можно считать сферой практического применения мониторинга. Мониторинг обеспечивает управление информацией в различных областях деятельности [5]. Чем более полным и качественным будет состав мониторинговых показателей, тем более эффективными будут управленческие решения, осуществляемые руководством.

При использовании мониторинговых исследований руководство предприятия не только оценивает тенденции развития экономических процессов, но и отслеживает воздействие факторов, которые определяют возможное изменение протекающих процессов. Применение системы мониторинга на предприятии позволяет формировать основу для обнаружения руководством проблем, возникающих еще на ранних этапах. Это, в свою очередь, повышает эффективность выбранной руководством предприятия стратегии.

Важной задачей руководителя является умение организовать такую систему мониторинга, которая позволила бы быстро вносить необходимые коррективы в управление предприятием при возникновении неожиданных проблем. Помимо уже названных мониторинг решает следующие задачи, касающиеся управления:

- правильное формирование целей;
- мотивирование людей на достижение целей;
- формирование типовых процедур;
- формирование информационной среды.

Руководитель осуществляет мониторинг состояния предприятия, сопоставляя текущие показатели с определенными нормами, и при необходимости вносит коррективы. Можно выделить этапы этого процесса:

- непрерывная проверка показателей;
- сравнение с запланированными показателями и оценка;
- корректирующие действия и прогноз [8].

Перечисленные этапы в совокупности составляют процесс управленческого контроля (рис. 1).

Для устойчивого функционирования предприятия сама система управления также должна подвергаться мониторингу. Мониторинг обладает большими возможностями при совершенствовании системы управления. Но вместе с этим это сложный процесс, связанный с исследованием внутренней и внешней среды предприятия. Большая трудоемкость этого процесса обуславливается и высокими требованиями к содержанию и качеству отслеживаемых показателей. Несмотря на это, все больше руководителей практикует внедрение мониторинга в отдельные аспекты управленческой деятельности [10].

Большая трудоемкость этого процесса обуславливается и высокими требованиями к содержанию и качеству отслеживаемых показателей. Несмотря на это, все больше руководителей практикует внедрение мониторинга в отдельные аспекты управленческой деятельности [10].

Мониторинг системы управления, по мнению С.В. Дорошенко, представляет собой «анализ и оценку степени достижения стратегических целей и задач исполнительными органами управления компании путем оценки эффективности бизнес-процессов и результативности инструментов управления» [3]. Исходя из вышесказанного, мониторинг системы управления включает в себя: мониторинг эффективности бизнес-процессов; мониторинг результативности инструментов управления.

Мониторинг эффективности подразумевает оценку качества бизнес-процесса. Проводя мониторинг инструментов управления, определяется способность системы управления посредством

выбранных инструментов достичь желаемого результата деятельности предприятия.

С.В. Дорошенко рассматривает три вида мониторинга в зависимости от фазы его проведения: предварительный, текущий и постмониторинг. В табл. 2 представлены основные задачи направлений мониторинга системы управления.

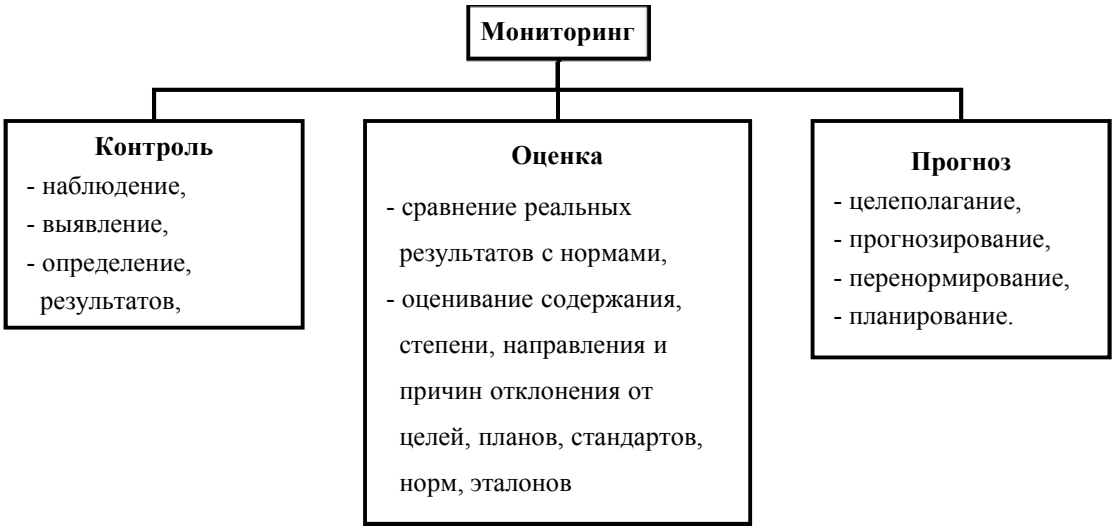


Рис. 1. Этапы процесса управленческого контроля [4]

Таблица 2

Основные задачи направлений мониторинга системы управления [13]

Направления мониторинга	Виды мониторинга (фаза проведения)		
	Предварительный мониторинг	Промежуточный (текущий) мониторинг	Постмониторинг
Мониторинг результативности инструментов управления	Оценка предложенных инструментов системы управления на способность достичь поставленных целей	–	Оценка фактически достигнутого уровня показателей эффективности системы управления
Мониторинг эффективности бизнес-процессов	–	Оценка текущей эффективности бизнес-процессов в процессе деятельности	Оценка фактической эффективности бизнес-процессов, анализ причин отклонений

Предварительный мониторинг – оценка способности предлагаемой системы управления справляться с рисками деятельности компании и, как результат, достижение поставленных целей и выполнение задач.

Промежуточный мониторинг используется для определения проблем в системе управления предприятием, возникающих под влиянием внешней и внутренней среды. Данный вид мониторинга предполагает текущую оценку эффективности бизнес-процессов в процессе деятельности предприятия.

Постмониторинг проводится с целью оценки достигнутого результата, а также для анализа причин отклонений. С использованием результатов данного вида мониторинга определяется степень достижения поставленных целей и задач. Проводится дальнейшая оценка управленческой деятельности предприятия [9].

Так как мониторинговые исследования предприятия проводятся систематизированно, руководство имеет возможность не только отслеживать тенденции развития, но и также оценивать влияние основных факторов, влияющих на развитие предприятия. Таким образом, система мониторинга формирует основу для обнаружения дисбаланса, возникающего в деятельности предприятия. Это влечет за собой повышение эффективности управления.

Мониторинг – это также и механизм, который координирует разработку и реализацию стратегии управления предприятием.

В связи с возрастающей ролью инновационной деятельности предприятия появляются новые требования к вопросам выбора эффективных

механизмов оценки инновационного потенциала, а также оценки управления инновационной деятельностью предприятия.

Мониторинг инновационной деятельности – это средство управления инновационными процессами на основе информации об их состоянии и тенденциях развития [1].

Мониторинг инновационной деятельности предприятий в большинстве случаях заключается в наблюдении за процессом. Он обеспечивает формирование и хранение информации о показателях производственно-хозяйственной деятельности, уровне инновационного потенциала, а также внедряемой инновационной стратегии.

Мониторинговые наблюдения за инновационной деятельностью помогают решать следующие задачи:

- организация процесса наблюдения с целью получения быстрой и объективной информации о ходе протекания инновационных процессов;
- оценка и анализ, получаемой информации;
- выявление причин, вызывающих какие-либо отклонения в процессе;
- прогнозная оценка развития инновационной деятельности.

Процесс мониторинга инновационной деятельности можно разделить на четыре основных этапа:

– на первом этапе осуществляется сбор информации, формируются основы управления предприятием, при этом предусматривается постановка и достижение определенных целей. Для получения желаемого результата формируется стратегия, функции, методы управления предприятием. При этом возникает ряд вопросов, которые необходимо рассматривать в системе экономических и неэкономических показателей, определяя при этом фактические и нормативные их значения;

– на втором этапе, основываясь на созданной информационной базе, осуществляется качественный и количественный анализ факторов, влияющих на инновационное развитие предприятия;

– на третьем этапе мониторинга по полученным результатам диагностики текущего состояния предприятия определяются возможные варианты развития инновационной среды предприятия;

– на четвертом этапе формулируются и обосновываются выводы, позволяющие обеспечить устойчивое функционирование деятельности предприятия [9].

Ранее уже отмечалось, что основная цель мониторинга предприятия – информационная.

Выделяют ряд требований к мониторинговой информации:

- конкретность (объективность);
- соответствие времени (актуальность);
- соответствие условиям;
- измеримость;
- сопоставимость.

В российской научной и специальной литературе проблемы мониторинга инновационного развития предприятий начали рассматриваться практически параллельно с развитием стратегического управления и формированием концепций управления инновационной деятельностью [7].

Задачами мониторинга инновационного развития предприятия являются: обеспечение руководства достоверной и своевременной информацией о деятельности и экономическом состоянии предприятия; обеспечение бесперебойного и взаимовыгодного взаимодействия между собой всех подразделений предприятия. В связи с этим показатели, используемые в процессе мониторинга, должны учитывать стратегические показатели эффективности, определенные руководством предприятий.

Показатели инновационно–инвестиционного потенциала, используемые в процессе мониторинга промышленного предприятия, предлагают разделять на три группы [12]:

1. Общие показатели развития организации и инновационных ориентиров, включающие объем выпущенной продукции, объем отгруженной продукции, производительность труда, численность персонала, стоимость основного капитала.

2. Показатели инновационного потенциала: затраты на НИОКР, количество инноваций, стоимость инновационных проектов, объем инвестиций в инновации.

3. Показатели инновационной активности такие как объем инновационной продукции, стоимость инновационного продукта, уровень инновационной культуры, уровень спроса на инновационный продукт.

Задачей мониторинга текущего инновационного состояния предприятия является диагностика, информирующая о негативных изменениях в инновационной деятельности предприятия. Поэтому исследуемые показатели должны быть высоко информативными, а их количество должно быть минимальным.

Мониторинг инновационной деятельности предприятий проводится, в первую очередь, для обеспечения руководства информацией для принятия управленческих решений. Для систематического обобщения результатов мониторинг инновационной деятельности следует проводить ежегодно. С целью реализации стратегии иннова-

ционного развития на предприятии целесообразно иметь систему мониторинга, которая поможет предприятию развиваться инновационно.

Мониторинг есть инструмент контроля, механизм получения информации, процесс, позволяющий оценить как результаты деятельности предприятия, так и качество управления этой деятельностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов Д.В. Разработка модели оценочных показателей устойчивого развития организации // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2010. № 4. С. 186–189.

2. Глаголев С.Н. Адаптация, экономическая устойчивость и конкурентоспособность промышленного предприятия // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. №1. С. 68–73.

3. Горшенина Е.В., Хомяченкова Н.А. Мониторинг устойчивого развития промышленного предприятия // Российское предпринимательство. 2011. № 1 Вып. 2 (176). С. 63–67.

4. Демура Н.А. Основные подходы к управлению развитием предприятия // Социально-гуманитарные знания. 2014. №8. С. 266–273.

5. Дорошенко С.В., Аввакумов В.Ю. Стратегический мониторинг системы управления компании // Дискуссия. 2013. №9 (39). С. 56–60.

6. Журова Л.И., Топорков А.М. Мониторинг уровня экономической устойчивости предприятия // Фундаментальные исследования. 2015. № 10-1. С. 166–170.

7. Лытнева Н.А., Смирнова Я.В. Эффективное управление инновационно-инвестиционным потенциалом организации на основе системы мониторинга // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4. С. 785–788.

8. Лячин В.И., Гильц Н.Е. Формирование системы мониторинговых показателей развития конверсионных производств предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2012. №2. С. 184–187.

9. Рябов В.М. Устойчивое развитие промышленных предприятий в современных условиях // Российское предпринимательство. 2011. № 5 (247). С. 74–86.

10.Туктарова Л.Р. Моделирование устойчивости экономического роста предприятия: теоретические и практические аспекты // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2010. № 2. С. 83–86.

11.Хахалева С.С. Инструменты оптимизации инновационной деятельности промышленности России // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2011. № 6. С. 188–190.

12.Чижова Е.Н., Журавлева Л.И., Монастырская И.А. Человек в инновационной экономике: монография. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. 392 с.

13.Чижова Е.Н., Куприянов С.В., Калугин В.А. Принятие управленческих решений: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. 97 с.

14.Чижова Е.Н., Сорокина В.Ю. Теоретические основы мониторинга развития промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономического развития: сб. материалов конф. VII Междунар науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 278–282.

Информация об авторах

Чижова Елена Николаевна, доктор экономических наук, профессор кафедры теории и методологии науки. E-mail: chizhova_elena@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сорокина Виктория Юрьевна, старший преподаватель кафедры экономики и организации производства. E-mail: viktoria.sorokina@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 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. Россия, 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, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июле 2018 г.

© Чижова Е.Н., Сорокина В.Ю., Веснина О.О., Осыченко Е.В., 2018

[1]Chizhova E.N., [1,]*Sorokina V.Yu., [1]Vesnina O.O., [1]Osychenko E.V.
[1]Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
*E-mail: viktoria.sorokina@yandex.ru

THE CONCEPT OF MONITORING THE MANAGEMENT OF INNOVATIVE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Abstract. *For the national economy, the state and development of industry is of great importance. Industry has always been the engine of the economy, its state depends on the provision of society with material goods. Given the availability of all kinds of resources in our country, the state of industry largely determines the independence of the national economy. The effectiveness of the industrial enterprise depends on the exact and correct designation of its place in the market and determine the way of its further development. Management of the industrial enterprise, as well as strategic changes, is carried out by the head, not only based on his experience, but also on the information he uses to make decisions. To achieve the planned results, the head of the enterprise of any sphere must constantly monitor its current activities, timely adjust management decisions. This is done by comparing the economic and financial actual results with the pre-planned ones. In connection with the choice of the Russian economy of innovative ways of development, innovation in the modern economy are the main factor in the economic growth of the enterprise. The level of competitiveness that strengthens the position of the enterprise in the market depends on the efficiency of innovation, improvement of the quality of products and services provided on their basis, increase of the level of technical and technological development. An important role in the innovative development of the construction industry is the effective organization of the state's interaction with business and science. Events that lead to diversity in the economic policy of the enterprise, contribute to its innovative development.*

Keywords: *construction production, factors of innovative environment, innovative development, construction industry, monitoring concept, management of innovative enterprise, innovative environment.*

REFERENCES

1. Antipov D.V. Development of the model of evaluation indicators of sustainable development of the organization. Vector of science of Togliatti State University, 2010, no. 4, pp. 186–189.

2. Glagolev S.N Adaptation, economic stability and competitiveness of an industrial enterprise. Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 2009, no. 1, pp. 68–73.

3. Gorshenina E.V., Khomyachenkova N.A. Monitoring of sustainable development of an industrial enterprise. Journal of Russian Entrepreneurship, 2011, no. 1, vol. 2 (176), pp. 63–67.

4. Demura N.A. Basic approaches to enterprise development management. Social and humanitarian knowledge, 2014, no. 8, pp. 266–273.

5. Doroshenko S.V., Avvakumov V.Yu. Strategic monitoring of the company's management system. Discussion, 2013, no. 9 (39), pp. 56–60.

6. Zhurova L.I., Toporkov A.M. Monitoring the level of economic sustainability of the enterprise. Fundamental research, 2015. № 10-1, pp. 166-170.

7. Lytneva N.A, Smirnova Ya.V. Effective management of the innovative and investment potential of the organization on the basis of the monitoring system. International Journal of Applied and Fundamental Research, 2016, no. 4, pp. 785–788.

8. Lyachin V.I., Gilts N.Ye. Formation of a system of monitoring indicators for the development of conversion industries of enterprises of the defense industry complex. Bulletin of the Siberian State Aerospace University. Academician M.F. Reshetnev, 2012, no. 2, pp. 184–187.

9. Ryabov V.M. Sustainable development of industrial enterprises in modern conditions. Journal of Russian Entrepreneurship, 2011, no. 5 (247), pp. 74–86.

10. Tuktarova L.R. Modeling the Sustainability of Enterprise Economic Growth: Theoretical and Practical Aspects. Bulletin of the Saratov State Social and Economic University, 2010, no. 2, pp. 83–86.

11. Khakhaleva S.S. Tools of optimization of innovative activity of the industry of Russia. Bulletin of University, 2011, no. 6, pp. 188–190.

12. Chizhova E.N., Zhuravleva L.I., Monastyrskaya I.A Man in the innovation economy: monograph. Belgorod: Publishing house BSTU. V.G. Shukhov, 2015, 392 p.

13. Chizhova E.N., Kupriyanov S.V., Kalugin V.A Adoption of management decisions: training, allowance. Belgorod: Publishing house BSTU. V.G. Shukhov, 2014, 97 p.

14. Chizhova E.N, Sorokina V.Yu. Theoretical basis for monitoring the development of an industrial enterprise // Actual problems of economic development: Sat. materials of conf. VII International Scientific and Practical Conference. Conf. Belgorod: Publishing House of BSTU. V.G. Shukhova, 2016, pp. 278–282.

Information about the author
Chizhova, Elena N. DSc, Professor. E-mail: chizhova_elena@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sorokina, Viktoria Yu. Senior lecturer. E-mail: viktoria.sorokina@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Vesnina, Olga O. Postgraduate student. E-mail: sb.rf.31@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Osychenko, Ekaterina V. 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. Концепция мониторинга в управлении инновационным промышленным предприятием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 156–163. DOI:10.12737/article_5bf7e361ae9ad0.81979736

For citation:
Chizhova E.N., Sorokina V.Yu., Vesnina O.O., Osychenko E.V. The concept of monitoring the management of innovative industrial enterprise. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 156–163. DOI:10.12737/article_5bf7e361ae9ad0.81979736

Научное издание

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 11, 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 19.10.18. Подписано в печать 23.11.18. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 19,07. Уч.-изд. л. 20,5
Тираж 500 экз. Заказ 380. 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