

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

№ 10, 2016 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. Е.И. Евтушенко

Зам. главного редактора: канд. техн. наук, доц. Н.И. Алфимова

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Баженов Ю.М.;

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Бондаренко В.М.;

д-р техн. наук, проф. Богданов В.С.; д-р техн. наук, проф. Борисов И.Н.;

д-р экон. наук, проф. Глаголев С.Н.; д-р техн. наук, проф. Гридчин А.М.;

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.;

д-р техн. наук, проф. Мещерин В.С.; д-р техн. наук, проф. Павленко В.И.;

д-р техн. наук, проф. Патрик Э.И.; д-р техн. наук, проф. Пивинский Ю.Е.;

д-р техн. наук, проф. Рубанов В.Г.; Ph. D., доц. Соболев К.Г.;

д-р техн. наук, проф. Строкова В.В., н. с. Фишер Ханс-Бертрам;

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

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 и доктора наук.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Глаголев Е.С., Магомедов З.Г., Воронов В.В., Канева Е.В. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУР СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ	6
Ястребинский Р.Н., Павленко В.И. СИНТЕЗ БОРСОДЕРЖАЩИХ НАНОТРУБЧАТЫХ СЕРПЕНТИНОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ	12
Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Головин С.Н., Боровик Е.Г. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	16
Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Соколова О.Н., Бондаренко Д.О., Слабинская И.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА НА ДООБЖИГОВЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	21
Юракова Т.Г., Черноситова Е.С., Юраков Н.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ ПИГМЕНТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ	28
Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В., Чулкова И.Л., Куприна А.А., Павленко О.А. ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СУХИХ СМЕСЕЙ	32
Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Глаголев Е.С. КОНСТРУКЦИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	37
Лесовик Р.В., Сопин Д.М., Митрохин А.А. КРУПНОПОРИСТЫЙ БЕТОН ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ	45
Косухин М.М., Шарапов О.Н., Богачева М.А., Косухин А.М. ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, МОДЕРНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА	51
Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Корякина А.А. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ КОЛОРИСТИКИ	62
Шерстнев А.К., Ляпидевская О.Б. ПОВЫШЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ГОТОВЫХ БЛОКОВ С БАЗАЛЬНОПЛАСТИКОВОЙ ФУТЕРОВКОЙ	67
Лебедев В.М., Волков А.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМОКВАНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	72
Тарарушкин Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ	77
Фролов Н.В., Полоз М.А., Колесникова Е.Г. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ АРМОБЕТОННЫХ БАЛОК С ДВУХРЯДНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ СТЕРЖНЕЙ СТАЛЬНОЙ И СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ	83
Родяшина К.Е. АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЖИЛЫХ ДОМОВ МАССОВЫХ СЕРИЙ	89
Альфажр Мохамад Абдул Карим НОВЫЕ АСПЕКТЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ РЕСТАВРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА	95
Даниленко Е.П., Кутник В.В. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ И РЕЖИМООБРАЗУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БЕЛГОРОД	99
Калачук Т.Г., Затолокина Н.М., Былин И.П. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПРОСЛОЕК СЛАБОГО ГРУНТА, ПРОРЕЗАЕМЫХ СВАЕЙ, НА ЕЕ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ	105

Аверкова О.А., Крутикова Д.Н., Логачев И. Н., Логачев К.И., Уваров В.А. РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ В СПЕКТРЕ ДЕЙСТВИЯ БОРТОВОГО МЕСТНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОТСОСА	109
Суслов Д.Ю., Выродов Г.К. ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПР	114
Логачев И.Н., Попов Е.Н. ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЛЕКТИВА ПАДАЮЩИХ ЧАСТИЦ С ВОЗДУХОМ	120

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Трофимченко В.Н., Воронов В.П., Мордовская О.С., Ханин С.И. РАСЧЕТ СКОРОСТИ СХОДА ЧАСТИЦЫ С ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ДИСКА СЕПАРАТОРА	124
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Трофимов И.О. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ МАТЕРИАЛА В МЕЖДУРЯДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ МЕЖДУРЯДНЫМ РАССТОЯНИЕМ	130
Остановский А.А., Дровников А.Н., Осипенко Л.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО НЕСООТВЕТСТВИЯ ВЕТВЕЙ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В МЕЛЬНИЦАХ СИСТЕМЫ «МКАД»	133
Бойко А.Ф., Лойко А.М., Переверзев С.С., Шинкарев И.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРОШИВКИ МИКРООТВЕРСТИЙ	143

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Корытов М.С., Щербаков В.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАШЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ НЕУПРАВЛЯЕМОГО СМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ПОДВЕСА	150
---	-----

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Медведев Е.Ф., Минько Н.И. ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА В ВОДНОЙ СРЕДЕ СИЛИКАТНЫХ И БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ	156
Черкашина Н.И., Павленко З.В., Демченко О.В. СОЗДАНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДРОБИ ГИДРИДА ТИТАНА	166
Убаськина Ю.А., Коростелева Ю.А. АДСОРБЦИЯ КАТИОНОВ И АНИОНОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИАТОМИТА	172
Галимова Р.З., Шайхиев И.Г., Алмазова Г.А., Свергузова С.В. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ АДСОРБЦИИ ФЕНОЛА ОТХОДАМИ ВАЛЯЛЬНО-ВОЙЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	179
Павленко В.И., Черкашина Н.И., Иваницкий Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СИНТЕЗА И МОДИФИЦИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ	185
Шахова Л.Д., Черноситова Е.С., Березина Н.М., Данилин А.А. КОМПОЗИЦИОННЫЕ РАЗЖИЖИТЕЛИ СЫРЬЕВЫХ ШЛАМОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	191
Косухин М.М., Богачева М.А., Косухин А.М., Чайкина Е.Е. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА СБ-7 В МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЯХ НА ОСНОВЕ ТОНКОМОЛОТЫХ ЦЕМЕНТОВ	197

- Ястребинский Р.Н., Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Карнаухов А.А.**
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ
ДЛЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ 209

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Трунова Е.В.**
КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПО КР НА ПРЕДПРИЯТИИ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 214
- Данилкин И.А., Авилова И.П., Наумов А.Е., Щенятская М.А.**
БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ХНИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОЙИНДУСТРИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОЕКТОВ 220
- Васильева О.В., Нгуен В.Х.**
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБНОВЛЕНИЯ
СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И ЭКОНОМИКИ ВЬЕТНАМА 226
- Даниленко Е.П., Коробейник В.А.**
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕРРИТОРИЕЙ Г. ШЕБЕКИНО 230
- Третьякова Л.А., Целютина Т.В., Авилова Ж.Н.**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА УЧАСТИЯ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ
В РАЗВИТИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА РЕГИОНА 237
- Лазаренко В.Е.**
РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННЕГО РЫНКА ТРУДА И УЧАСТИЕ РОССИИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ
РЫНКАХ РАБОЧЕЙ СИЛЫ: ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ 244
- Чижов С.Ф., Чижова Е.Н., Акимова Г.З., Даюб А.Н.**
ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАНА ГОЭЛРО КАК ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ 250
- Герасименко О.А., Авилова Ж.Н.**
СУЩНОСТЬ, ПРИЗНАКИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫХ
ФОРМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОССИИ 260
- Селиверстов Ю.И., Ватулин А.Е.**
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ И МЕТОДОВ АКТИВИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ
ПРОЦЕССОВ 267
- Шилькова В.В., Никифорова Е.П.**
РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ 274
- Габибов М.А., Махмудов М.Н., Отто В.С., Павлова К.М.**
ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИБЫЛИ В СФЕРЕ КРУПНОГО БИЗНЕСА 281

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/21999

Лесовик В.С., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Магомедов З.Г., магистрант,
Воронов В.В., аспирант,
Канева Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУР СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ*

LHZ47@mail.ru

Теоретические подходы, имеющиеся применительно к традиционным строительным растворам, совершенно не применимы к растворам на основе сухих строительных смесей ни по составу, ни по эксплуатационным нагрузкам. К сожалению, внутренние резервы ни вяжущих, ни наполнителей рационально не используются при проектировании и приготовлении растворов на основе сухих строительных смесей, что снижает технико-экономическую эффективность и долговечность полученного материала. В реальных условиях строительные растворы, приготовленные на основе сухих смесей, эксплуатируются в самых разнообразных условиях, а этот факт предъявляет к строительным растворам требование надежно работать длительные (нормируемые) сроки. Таким образом, строительные растворы должны удовлетворять целому комплексу требований по физико-механическим и эксплуатационным параметрам. В статье предложены теоретические подходы к созданию оптимальных эффективных структур сухих строительных смесей, обладающих высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Ключевые слова: теоретические основы, сухие строительные смеси, проектирование состава, принципы подбора, пробные замесы, выбор сырьевых материалов, модификация смесей, апробирование составов.

Введение. Конечное свойство любого материала формируется комплексом входящих в него компонентов, сухие строительные смеси представляют собой весьма сложную полиминеральную композицию, состоящую из значительного количества компонентов, а физико-химические процессы в них обусловлены взаимодействием в системе «минеральное вяжущее – полимерное связующее – наполнитель – модифицирующие добавки – вода» [1–9].

Основная часть. Рациональный подбор ингредиентов смешиваемой высоконаполненной дисперсной системы, как показали многочисленные исследования [1–9], гарантирует получение материала с требуемыми эксплуатационными характеристиками. Одним из серьезных требований, предъявляемых к сырью, является правильный выбор вяжущего, заполнителей, наполнителей, их количественного содержания, их природы, а также порядок загрузки компонентов смеси и качество их смешения. Вышеизложенное требует серьезного подхода к научному обоснованию и

разработке конкретных рецептур различного назначения с учетом химических, минерало-

гических, гранулометрических и других особенностей сырьевых компонентов, а также совместимости используемых компонентов в смеси для обеспечения требуемых свойств на стадиях существования: сухих (порошковых) смесей, растворных строительных смесей и затвердевшего раствора.

Принципов создания составов сухих строительных смесей различного функционального назначения до настоящего времени нет, есть лишь отдельные разрозненные сведения, касающиеся оптимизации гранулометрического состава сухих смесей различного назначения; рассматриваются возможности улучшения эксплуатационных свойств смесей, предлагаются составы смесей на основе местного сырья и техногенных продуктов, приводится опыт по снижению расхода цемента и использования некоторых наполнителей, а также имеются результаты исследований влияния различных комплексных модифицирующих добавок на свойства разработанных смесей. Существующие закономерности мелкозернистых систем, в частности, теоретические положения и принципы проектирования традиционных строительных

растворов и мелкозернистых бетонов [2, 6] переносятся на строительные растворы различного функционального назначения, полученные на основе сухих смесей, хотя условия службы строительных растворов на основе сухих смесей принципиально отличны от работы мелкозернистых бетонов, сложны и многофункциональны.

Теоретические подходы, имеющиеся применительно к традиционным строительным растворам, совершенно не применимы к растворам на основе сухих строительных смесей ни по составу, ни по эксплуатационным нагрузкам. К сожалению, внутренние резервы ни вяжущих, ни наполнителей рационально не используются при проектировании и приготовлении растворов на основе ССС, что снижает технико-экономическую эффективность и долговечность полученного материала.

Следует четко разграничивать термины, связанные с определением составов строительных растворов: подбор и проектирование. Эти термины относятся к двум различным процессам. Однако, как правило, считается, что это один процесс, состоящий лишь из подбора сырьевых материалов для строительного раствора в чисто лабораторных условиях, без необходимого учета многих факторов. В реальных условиях строительные растворы эксплуатируются в самых разнообразных условиях, а этот факт предъявляет к строительным растворам требование надежно работать длительные (нормируемые) сроки. Таким образом, строительные растворы должны удовлетворять целому комплексу требований по физико-механическим и эксплуатационным параметрам. В связи с вышеизложенным, стоит вопрос не о качестве раствора, испытываемого в лабораторных условиях, а о надежной качественной работе затвердевшего раствора в условиях воздействия комплекса внешних климатических воздействий и нагрузок. Практика показала что, результаты испытаний строительных материалов, полученных в лабораторных условиях, в реальных условиях эксплуатации имеют серьезные расхождения. Поэтому необходимо учитывать условия эксплуатации, в которых будет работать разработанный материал, и в соответствии с этим принимать сырьевые компоненты, а также разработать рекомендации для производства строительных работ.

Оптимизацию структуры и научно-обоснованное определение вещественного состава различных искусственных конгломератов осуществляют общим (единым) методом проектирования [3, 4]. Могут быть методы и специфические, разработанные применительно к каждой разновидности конгломерата. Создание

строительных материалов различного назначения с эффективными свойствами требует методов специфического проектирования их состава с обеспечением требуемых структур. Строительные растворы на основе сухих смесей кардинальным образом отличаются от традиционных строительных растворов, что предопределяет специфические подходы к методу проектирования, обеспечивающие все этапы жизненного цикла строительных растворов на основе сухих смесей (таблица жизненного цикла смесей).

К главным научным принципам проектирования сухих строительных смесей относятся следующие: максимальное соответствие проектируемых составов сухих смесей и их свойств, полученных в лабораторных условиях, реальным производственным; обеспечение высокой гомогенизации минеральных и органических составляющих смеси, поровой составляющей, поверхностей раздела твердой и жидкой фаз и других структурных элементов по объему материала; создание оптимальной структуры материала с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными характеристиками; использование общих объективных закономерностей, присущих конгломератным материалам оптимальной структуры, в том числе, закона конгруэнции, закона створа, закона прочности и других; использование общего метода и математических методов проектирования оптимального состава и получение высококачественных составов в производственных условиях.

Принципы подбора составов традиционных строительных растворов [5] заключаются в установлении соотношения между составляющими (цементом, известковым или глиняным тестом, песком и водой), которое обеспечивает получение растворов заданных свойств как в свежеприготовленном состоянии, так и после затвердевания смеси в заданных условиях. Состав строительных растворов сначала определяют по эмпирическим формулам и в соответствии с рекомендациями ориентировочных расходов материалов в зависимости от марки растворов и рекомендуемых вяжущих первоначально находят расход материалов на 1 м^3 песка влажностью 3–7 %. После приготовления пробного замеса и испытания смеси уточняют состав – определяют расход материалов на 1 м^3 раствора. Марку и подвижность раствора принимают по проекту и с учетом условий работы.

Следует отметить, что по давней традиции рецептура составов различных традиционных строительных растворов в нормативных документах приводится в объемных долях, однако сведений о насыпной плотности цемента и дру-

назначении методов испытаний разработанного материала для использования в реальной конструкции.

Выбор сырьевых материалов является ответственной частью проектирования составов. При выборе материалов необходимо руководствоваться доступностью материалов в данном регионе, экономической целесообразностью использования их, нормативной документацией на сырьевые материалы, а также и нестандартными методами, отражающими специфические свойства используемых материалов в строительных растворах на основе сухих смесей. Особенности минеральных компонентов, их подготовка к использованию обеспечивает важную основу физико-химических и физико-механических свойств строительного раствора и затвердевшего минерального камня и, в конечном счете, долговечность конечного материала. От рациональности выбора сырьевых компонентов и их взаимодействий в созданной системе будет определяться строительно-технологические и эксплуатационные свойства раствора.

Выбор составляющих компонентов сухих строительных смесей, определение основных свойств сырьевых ингредиентов и обоснование их применения обеспечивает получение продукции стабильного качества с требуемым уровнем строительно-технических свойств, отвечающей требованиям современного строительного рынка.

Определение (проверка) требуемых технических свойств исходных сырьевых компонентов с привлечением стандартных нормативов, обоснование их применения и подготовка для подбора составов строительных растворов на основе сухих смесей.

Проектирование минерального состава сухих строительных смесей базируется на основании достаточно сложных закономерностей, характеризующих процессы физико-химического взаимодействия компонентов сухих строительных смесей, происходящих при приготовлении сухих композиций, в сухих смесях, затворенных водой, а также при формировании минерального камня затвердевшего строительного раствора. Разработку составов смесей следует проводить на основании теоретических положений и экспериментальных данных, полученных на конкретных сырьевых материалах, методом постепенного приближения заданных параметров к требованиям технического задания. Соотношение вяжущее – заполнитель является определяющим для создания каркаса, требуемого по прочностным показателям искусственного камня, образующегося в результате

гидратации вяжущего вещества. Целесообразно исследовать широкий диапазон составов с целью выявления оптимальных составов, обеспечивающих требуемые параметры по обеспечению прочности и плотности. В зависимости от плотности и прочности смеси производят подбор оптимального гранулометрического состава заполнителей для сухих строительных смесей с целью создания наиболее плотной упаковки (в плотных растворных смесях) или же наименее плотной упаковки, обеспечивающую наибольшую пористость для теплозащитных растворов следует выполнять методом профессора А.Н. Хархардина [7].

Учитывая, что ССС это многокомпонентные системы, дальнейшую оптимизацию – модификацию сухих смесей различными органическими, органоминеральными добавками, в соответствии с заданными свойствами сухой смеси, а также технологическими параметрами растворной смеси и техническими характеристиками конечного продукта – затвердевшего раствора, следует осуществлять методом математического планирования по многофакторным планам. Следует учитывать особенности проявления отдельных функциональных добавок в системе, так повышение дозировок отдельных добавок может привести к изменению свойств общей системы, составляющие системы проявляют свои свойства по линейным зависимостям изменений свойств, при изменении концентрации компонентов. Использование этого метода позволяет, исходя из технологической и экономической целесообразности, варьируя расходом функциональных добавок, установить минимальное их использование, обеспечивающего получение материала с требуемыми свойствами и снижения себестоимости модифицированных смесей.

Изготовление пробных замесов проектного состава осуществляют в лабораторных условиях по полученным математическим расчетным значениям. При необходимости проводятся уточняющие эксперименты. С помощью лабораторных испытаний устанавливают качество сухой смеси, растворной смеси и отформованного раствора по всем предусмотренным свойствам. Если математические значения и реальные практические результаты совпадают, то работу над созданием требуемого состава считают законченной.

Разработанный и проверенный в лабораторных условиях состав требует проверки в производственных условиях. Разработанная рецептура, отвечающая требованиям технического задания, проходит апробацию на производственной линии. Выпускается опытная партия, кото-

рая проходит испытания в независимой лаборатории. При получении положительного заключения на полученный материал, разработанный состав запускается в серийное производство.

Выводы. Разработанная методика проектирования составов ССС различного функционального назначения позволила получать продукцию с гарантированными и стабильными показателями качества [10–25], при оптимальном расходе минеральных и органических компонентов, которая обеспечила высокую технико-экономическую эффективность строительных растворов и успешную реализацию в условиях возрастающей конкуренции на строительном рынке, что подтверждается соответствующими документами (акты внедрения в промышленное производство ССС и их использование в строительстве).

**Работа выполнена в рамках г/б НИР №1978 от 31.01.2014 г. «Повышение эффективности производства энергосберегающих, инвестиционно-привлекательных стеновых и отделочных материалов за счет использования неорганических пластифицирующих систем».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зозуля П. В. Оптимизация гранулометрического состава и свойств заполнителей и наполнителей для сухих строительных смесей / П. В. Зозуля. Сухие строительные смеси для XXI века: Технологии и бизнес: Сб. тезисов 3-ей Междунар. конф. 2003. С. 12–13
2. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с.
3. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (искусственные строительные конгломераты): учебное пособие для вузов. М.: Высш.школа, 1976. 309 с.
4. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: учебное пособие для строит. вузов. М.: Высш. шк., 2002. 701 с.
5. Справочник по бетонам и растворам./ А.П. Чехов, А.М. Сергеев, Г.Д. Дибров. - 2-е изд. перераб. и доп. Киев, Будівельник, 1979, 256 с.
6. Дергунов С.А., Рубцова В.Н. Проектирование составов сухих смесей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. №11. С. 34–41.
7. Хархардин А.Н. Структурная топология дисперсных материалов: практикум: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 139 с.
8. Хрулев В.М. Развитие представлений о композиционных материалах в строительном материаловедении // Строительные материалы. №8. 2004. С. 28–29.
9. Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства: учебное пособие для строит.-технол. спец. вузов. Уфа: ТАУ. 2001. 168 с.
10. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. №11. С. 1496–1502.
11. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 462 с.
12. Лесовик В.С. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении // Международный сборник научных трудов Строительные материалы-4С. Новосибирск. 2015. С. 26–30.
13. Lesovik V.S. Geonics. Subject and objectives. Belgorod: BSTU, 2012. 100 с.
14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
15. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.
16. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
17. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.
18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.
19. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. Т. 11. №12s. С. 948–953.
20. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elistratkin M.Yu. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. № 9. С. 816–819.

21. Lesovik V.S., Chulkova I. L., Zagordnyuk L. Kh., Volodchenko A. A., Popov D. Y. 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. № 9. С. 1100–1105.

22. Ильинская Г.Г., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Сухие смеси для отделочных работ на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С.15–19.

23. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ильинская Г.Г., Беликов Д.А. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных

вяжущих: монография. Белгород: Изд-во БГТУ 2013. 145с.

24. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: Научное издание. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 526 с.

25. Лесовик В.С. Загороднюк Л.Х., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4–9.

Lesovik V.S. Zagorodnuk L.H., Glagolev E.S., Magomedov Z.G., Voronov V.V., Caneva E.V.
THEORETICAL APPROACH TO CREATING THE OPTIMAL STRUCTURE OF DRY MIXES

Theoretical approaches available in the traditional sol-frame construction, it is not applicable to solutions based on dry mixes or composition or for operational loads. Unfortunately, internal reserves or binders or fillers are used efficiently in the design and preparation of solutions on the basis of dry mixes that reduces the technical and economic efficiency and durability of the resulting material. In the wild mortars prepared on the basis of dry mixes, operated in a variety of conditions, and this fact imposes a requirement mortars reliably long (normalized) time. Thus, the mortar must satisfy a set of requirements for physical-mechanical and operational parameters. In the article theoretical approaches to the creation of the optimal effective structures dry construction mixtures, having high physical-mechanical and performance properties.

Key words: *theoretical foundations, dry mixes, design structure, the principles of selection, trial batches, the selection of raw materials, modification of mixtures, test formulations.*

Лесовик Валерий Станиславович, член-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: naukavs@mail.ru

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: LHZ47@mail.ru

Глаголев Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

Магомедов Зайнудин Гаджиевич, магистрант, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Воронов Василий Васильевич, аспирант, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Канева Елена Вячеславовна, аспирант, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Ястребинский Р.Н., канд. физ.-мат. наук, доц.,
Павленко В.И., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИНТЕЗ БОРСОДЕРЖАЩИХ НАНОТРУБЧАТЫХ СЕРПЕНТИНОВ ДЛЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ*

yrndo@mail.ru

В работе исследованы технологические условия синтеза и образования нанотрубчатого боросодержащего серпентина. В зависимости от количества содержащегося в синтезированной фазе бора, продукты гидротермального синтеза обладают различной способностью поглощения тепловых нейтронов. В качестве исходных материалов для синтеза борсодержащего хризотила использовали оксид (или гидроксид) магния, кремниевую и борную кислоты при различных молекулярных соотношениях указанных компонентов.

С уменьшением температура уменьшается и скорость взаимодействия между компонентами шихты. Для завершения реакции требуется увеличение времени выдержки, а время выдержки, определяемое скоростью реакций, лимитируется составом исходной шихты: чем больше в исходной шихте кремнезёма, тем дольше протекает процесс серпентинообразования.

Транспортирующим агентом для кремнезёма в гидротермальных условиях служат как вода, так и пар, следовательно, чем больше воды в реакционном объёме автоклава при данной температуре, тем больше в ней растворено кремнезёма, но увеличение количества воды приводит к увеличению давления. При увеличении температуры реакции до 573 °K (давление $9,81 \cdot 10^6$ Па) реакция завершается за два часа. Продукты реакции представлены на рисунке. Содержание атомов бора в хризотиле составляет 10,9 % масс.

Ключевые слова: борсодержащий нанотрубчатый хризотил, состав, условия получения, структура.

Введение.

Исследования в области материаловедения все чаще сталкиваются с вопросом наноструктурирования материалов. Нанокристаллические материалы обладают значительно более высокими показателями микротвердости и теплоемкости по сравнению с крупнокристаллическими материалами аналогичного состава. Химическая активность веществ также сильно увеличивается при увеличении их дисперсности. Уменьшение размера кристаллитов рассматривают в качестве эффективного метода изменения свойств твёрдого тела [1]. Кроме того, известно, что соизмеримость длин волн гамма- и рентгеновского излучения ($\lambda \approx 0,1$ нм) и размеров ультрадисперсных частиц обуславливает эффективное усиление когерентного рассеивания рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения, а также тепловых нейтронов на подобных материалах [2]. В частности, применение нанопорошков радиационно-защитных материалов позволяет повысить коэффициент поглощения нейтронов в 1,5 раза, а коэффициент рассеяния γ -излучения – до 30–40 % [3].

Введение наноразмерных частиц в объем композита возможно путем импрегнирования волокнистых нанотрубчатых структур, играю-

щих роль армирующего компонента радиационно-защитной композиционной матрицы. В этом направлении эффективно использование наполнителей на основе нанотрубчатых серпентиновых гидросиликатов, в частности хризотилов, содержащих в своем составе до 14,5 мас. % химически связанной воды, что определяет их высокие нейтронно-защитные свойства. Кроме того, ценность хризотила как армирующего компонента в цементной матрице определяется его механическими и термическими свойствами. Так, недеформированное волокно хризотила имеет предел прочности при растяжении до 3000 МПа, что превосходит данный показатель даже у стали, а модуль упругости находится в пределах $1,6\text{--}2,1 \cdot 10^4$ МПа. При этом материал сохраняет свои свойства при нагревании до температуры 500 °C.

Известно, что бор хорошо поглощает тепловые нейтроны и может изоморфно замещать кремний в минералах. Введение в состав серпентиновых нанотрубок атомов бора повысит нейтронно-защитные свойства композита в тепловой и надтепловой области спектра и обеспечит возможность их равномерного распределения в композиционном блоке защиты [4].

В работе исследованы технологические условия синтеза и образования нанотрубчатого боросодержащего серпентина.

Методика. Все образцы синтезированы из шихты, состоящей из смеси магния и кремниевой кислоты с соотношением компонентов 3 : 2. Исследованные образцы синтезировали при 673 °К, давлении водяного пара $9,81 \cdot 10^7$ Па и суточной изотермической выдержке в присутствии различных добавок.

Основная часть.

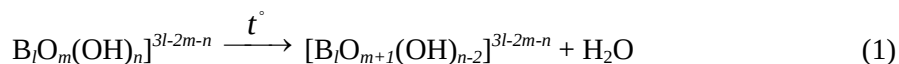
Рассмотрим условия образования боросодержащего серпентина.

Соседство бора и кремния в таблице Менделеева предопределило близости многих физических и химических свойств этих элементов. Бор, как и кремний, в природе встречается чаще всего в виде кислородных соединений. По сравнению с силикатами, кристаллохимия боратов изучена хуже. В отличие от кремния, бор может находиться не только в тетраэдрической координации, но и в плоской – треугольной (B_2O_3).

Еще в 50-е годы прошлого века кристаллохимики считали, что бор в кислородсодержащих структурах находится в тройной координации, а немногочисленные соединения, в которых бор находится: в тетраэдрической координации, считали исключением. Позже, начиная с 80-х годов и по наше время, установлено, что тетраэдрическая координация для боросодержащих соединений не менее характерна, чем тройная

[5]. Тетраэдры бора могут быть как правильными, или почти правильными, так и такими, у которых одна из вершин отстоит несколько дальше или ближе, чем три остальные [5]. Изменчивость конфигурации и симметрии борного тетраэдра сказывается на структуре его соединений. Необходимо отметить, что бораты с тетраэдрической координацией бора получают при повышенных температурах (гидротермальный синтез) и избытке основания (щелочная среда), т.е. другими словами, строение боратов зависит от многих (различных) факторов (в том числе и от валентности катиона). В отличие от кремния, в координационную сферу бора может входить гидроксильная группа, что усложняет исследование структуры боросодержащих минералов.

Объединение изолированных тетраэдров $B(OH)_4$ в полиионы, являясь процессом комплексообразования, не обязательно требует присутствия щёлочи, что объясняется меньшей энергией кристаллической решётки полиионов (роль основания сводится к увеличению доли тетраэдров в растворе в результате реакции $B(OH)_3 + OH^- = B(OH)_4^-$). Замечательным свойством полиионов является их способность полимеризоваться при понижении температуры. При этом вместо двух концевых гидроксильных групп образуется атом кислорода, соединяющий соседние полиионы и связанный с двумя атомами бора. При этом выделяется молекула воды:



Причём, в зависимости от глубины полимеризации возможно образование следующих структур: изолированный полиион–димер, например пинноит – $Mg[B_2O(OH)_6]$, – цепочечный полимер – слоистый полимер – каркас (при образовании цепочечного мотива полиион теряет одну молекулу воды, при возникновении слоистого – две, каркасного – три).

В качестве исходных материалов для синтеза боросодержащего хризотила мы использовали оксид (или гидроксид) магния, кремниевую и борную кислоты. Синтез проводили при молекулярных соотношениях $MgO : SiO_2 : B_2O_3 = 1,5 - 2 : 1 - 0,1 : 0,1 - 1,5$ (учитывая требование $MgO : (SiO_2 + B_2O_3) = 1,5$, т.е., чтобы отношение окислов соответствовало таковому в серпентине), при температурах 423 – 573°К, давлении $9,81 \cdot 10^6 - 2,45 \cdot 10^8$ Па и продолжительности изотермической выдержки 2–72 часа. Полученный материал, в отличие от существующих серпентинов, содержит в своём составе бор. Принадлежность синтезированной фазы к серпентину

доказывается результатам рентгеновского анализа.

В зависимости от количества содержащегося в синтезированной фазе бора, продукты гидротермального синтеза обладают различной способностью поглощения тепловых нейтронов.

Боросодержащий хризотил можно получить, например, из шихты, состоящей из оксида магния, кремниевой и борной кислот, измельчённых до полного прохождения через сито 008, взятых в молекулярном соотношении $MgO : SiO_2 : B_2O_3 = 1,5 : 0,5 : 0,5$ и тщательно перемешанных в сухом состоянии. Навеску подготовленной таким образом шихты автоклавировали в течение 1 часа при 573 °К с изотермической выдержкой при этой температуре 24 часа (давление $9,81 \cdot 10^7$ Па).

Полученный продукт, высушенный в сушильном шкафу при 273 – 383 °К, согласно данным рентгеновских порошковых дифрактограмм, является серпентином.

Боросодержащий хризотил другого состава получали из шихты с соотношением компонен-

тов $\text{MgO} : \text{SiO}_2 : \text{B}_2\text{O}_3 = 1,5 : 0,1 : 0,9$, автоклавируемой при 573°K и $2,45 \cdot 10^8 \text{ Па}$ (предельное давление, на которое рассчитаны наши автоклавы), с изотермической выдержкой при этой температуре 5 часов. Согласно рентгенометрическим данным, продуктом синтеза является серпентин. Аналогичные результаты получаются и при давлении $9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$ и $9,81 \cdot 10^7 \text{ Па}$, т.е. давление не влияет на стабильность синтезированной фазы, что хорошо согласуется с литературными данными для серпентина.

С уменьшением температура уменьшается и скорость взаимодействия между компонентами шихты. Для завершения реакции требуется увеличение времени выдержки, а время выдержки, определяемое скоростью реакций, лимитируется составом исходной шихты: чем больше в исходной шихте кремнезёма, тем дольше протекает процесс серпентинообразования.

Волокнистые кристаллы получены и из шихты, состоящей из исходных компонентов в соотношении $\text{MgO} : \text{SiO}_2 : \text{B}_2\text{O}_3 = 2,4 : 0,1 : 1,5$, при давлении $9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$ и температуре 423°K . При этой температуре для завершения процесса серпентинизации требуется трое суток, ввиду того что растворимость кремнезёма очень мала. Транспортирующим агентом для кремнезёма в гидротермальных условиях служат как вода, так и пар, следовательно, чем больше воды в реакционном объёме автоклава при данной температуре, тем больше в ней растворено кремнезёма, но увеличение количества воды приводит к увеличению давления. При увеличении температуры реакции до 573°K (давление $9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$) реакция завершается за два часа. Продукты реакции представлены на рисунке. Содержание атомов бора в хризотиле составляет 10,9 % масс.

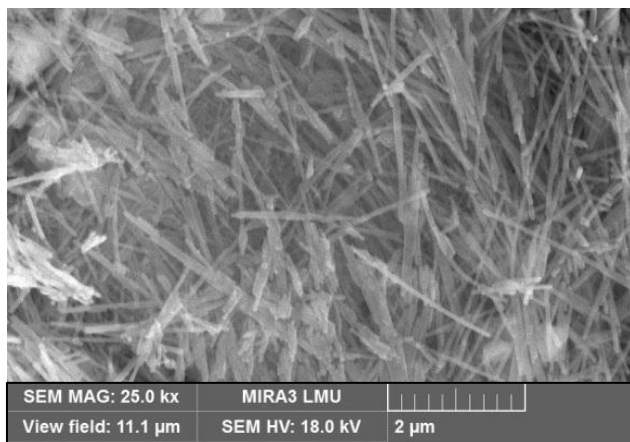


Рис. Серпентин состава $\text{Mg}_6(\text{OH})_8\text{SiB}_3\text{O}_{10}$; синтез при 573°K и $9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$ в течение 2 час

Выводы.

Исследованы технологические условия синтеза и образования нанотрубчатого боросодержащего серпентина. В зависимости от количества содержащегося в синтезированной фазе бора, продукты гидротермального синтеза обладают различной способностью поглощения тепловых нейтронов. В качестве исходных материалов для синтеза боросодержащего хризотила использовали оксид (или гидроксид) магния, кремниевую и борную кислоты при различных молекулярных соотношениях указанных компонентов.

С уменьшением температура уменьшается и скорость взаимодействия между компонентами шихты. Для завершения реакции требуется увеличение времени выдержки, а время выдержки, определяемое скоростью реакций, лимитируется составом исходной шихты: чем больше в исходной шихте кремнезёма, тем дольше протекает процесс серпентинообразования.

Транспортирующим агентом для кремнезёма в гидротермальных условиях служат как вода, так и пар, следовательно, чем больше воды в реакционном объёме автоклава при данной температуре, тем больше в ней растворено кремнезёма, но увеличение количества воды приводит к увеличению давления. При увеличении температуры реакции до 573°K (давление $9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$) реакция завершается за два часа. Продукты реакции представлены на рисунке. Содержание атомов бора в хризотиле составляет 10,9 % масс.

**Работа выполнена при поддержке базовой части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект №1300.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев А.И. Эффекты нанокристаллического состояния в компактных металлах и соединениях // Успехи физических наук. 1998. Т. 168, №1. С. 55–83.
2. Артемьев В.А. Об ослаблении рентгеновского излучения ультрадисперсными средами // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23, № 6. С. 5–9
3. Гульбин В.Н. Разработка композиционных материалов, модифицированных нанопорошками, для радиационной защиты в атомной энергетике // Ядерная физика и инжиниринг. 2011. Т. 2. № 3. С. 272–286
4. Павленко В.И., Епифановский И.С., Ястребинский Р.Н. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов // Перспективные материалы. 2006. № 3. С. 22.
5. Бубнова Р.С., Филатов С.К. Высокотемпературная кристаллохимия боратов и боросиликатов // Издательство: Наука, 2008. 760 с.

Yastrebinsky R.N., Pavlenko V.I.**SYNTHESIS OF BORON-CONTAINING NANOTUBULAR SERPENTIN FOR RADIATION AND PROTECTIVE CONSTRUCTIONAL CEMENT COMPOSITES**

In work technological conditions of synthesis and formation of nanotubular boron-containing serpentine are researched. Depending on the quantity containing in the synthesized pine forest phase, products of hydrothermal synthesis possess various capability of absorption of thermal neutrons. As initial materials for synthesis of boron-containing chrysotile used oxide (or hydroxide) magnesium, silicon and boric acids in case of various molecular ratios of the specified components.

With reduction temperature decreases also the speed of interaction between furnace charge components. Completion of reaction requires increase in hold time, and the hold time determined by the speed of reactions is limited by composition of initial furnace charge: the more in initial furnace charge of silicon dioxide, the process of a formation of serpentine proceeds longer.

Serve as the transporting agent for silicon dioxide in hydrothermal conditions both water, and steam, therefore, the more waters in reactionary amount of the autoclave at this temperature, the more in it it is dissolved silicon dioxide, but increase in an amount of water leads to increase in pressure. In case of increase in temperature of reaction to 573 °K (pressure of 9,81·10⁶ Pas) reaction comes to the end in two hours. Products of reaction are provided in the drawing. Content of atoms of pine forest in chrysotile constitutes 10,9 % of masses.

Key words: boron-containing nanotubular chrysotile, structure, obtaining conditions, structure.

Ястребинский Роман Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: yrndo@mail.ru

Павленко Вячеслав Иванович, доктор технических наук, директор химико-технологического института.

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

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

E-mail: belpavlenko@mail.ru

Лукутцова Н.П., д-р техн. наук, проф.,
Пыкин А.А., канд. техн. наук, доц.,
Головин С.Н., студент,
Боровик Е.Г., студент

Брянский государственный инженерно-технологический университет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

natluk58@mail.ru

Исследованы устойчивости и размерность частиц дисперсных фаз наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов, получаемых в результате ультразвукового диспергирования минеральных компонентов (диоксида титана, алюмосиликатного, углерод-силикатного, магний-силикатного) в водных средах органических стабилизаторов. Проведена оценка экологической безопасности разработанных наномодифицирующих добавок с учетом потенциально-го риска образования наноаэрозолей.

Ключевые слова: наномодифицирующие добавки, суспензия, дисперсная фаза, счетный медианный диаметр, средний геометрический диаметр, наноаэрозоль, экологическая безопасность.

Введение. Продвижение нанотехнологий из научных лабораторий в массовое производство требует тщательного изучения стадий жизненного цикла нанообъектов и наноструктурированных материалов, включая разработку и управление производственными процессами, а также вопросов обеспечения безопасности при изготовлении, поставке, применении и утилизации наноматериалов для сотрудников предприятий, потребителей и окружающей среды [1–5].

По мере расширения сфер применения нанопродукции увеличивается риск воздействия нанообъектов (наночастиц, нанопластин, нановолокон), их агрегатов и агломератов, в том числе размерами более 100 нм (НОАА), на здоровье человека. Работники нанотехнологических производств подвержены риску воздействия НОАА на рабочих местах, а потребители – при высвобождении НОАА из готовой продукции. Особое внимание следует уделять токсичности НОАА при ингаляционном поступлении (вдыхании) в организм человека [6–8].

Потенциальные риски для здоровья человека при вдыхании НОАА подразделяют на следующие группы:

- проникновение НОАА в недоступные для микрочастиц отделы биологических систем, благодаря размерам (НОАА попадают из легких в систему кровообращения и далее – во все органы; после осаждения НОАА в полости носа может произойти их перемещение в головной мозг);

- высокая степень токсичности НОАА по сравнению с микрочастицами той же массы, в связи с большей удельной площадью поверхности, отличными от микрочастиц физико-химическими и биологическими характеристиками;

- осаждение и задержание в легких устойчивых к биодegradации и нерастворимых НОАА (например, углеродных нанотрубок) из-за большего соотношения между длиной и диаметром (данные НОАА вызывают воспалительные процессы и заболевания легких).

При изготовлении и применении НОАА, особенно в виде летучих и малорастворимых веществ, следует учитывать опасность образования в воздухе наноаэрозолей – метастабильных взвесей твердых или жидких частиц в газе размерами от 1 до 100 нм, вероятность формирования которых зависит от устойчивости и размерности частиц, высвобождаемых из НОАА [6–8].

В настоящее время в строительной индустрии широко развиты нанотехнологии, связанные с получением наномодифицирующих добавок (НМД) для улучшения структуры и повышения свойств композиционных строительных материалов: цементных, гипсовых, керамических и др.

Эффективным решением вопроса по обеспечению экологической безопасности наномодифицирующих добавок являются физические способы синтеза НМД в жидком виде с использованием природного или техногенного наноструктурированного сырья (опал-кристаллитовых пород, биогенного диоксида кремния, микрокремнезема, кальцита, шунгитовых пород, бентонита, метакаолина, серпентинита, волластонита, диоксида титана и др.) [9]. В данном направлении большим потенциалом обладает способ ультразвукового диспергирования (до уровня НОАА) исходных наноструктурированных микрокомпонентов в жидких дисперсионных средах органических стабилизаторов (ПАВ) [10].

При изготовлении и применении суспензий с нанодисперсными твердыми фазами риск прямого ингаляционного поступления НОАА в организм человека отсутствует. Однако снижение стабилизирующей активности ПАВ и наступление интенсивной агрегации могут привести к высвобождению (например, в процессе испарения вместе с молекулами дисперсионной среды) легких и слабосвязанных наночастиц, являющихся источником образования опасных наноаэрозолей [6, 7].

Целью работы является исследование устойчивости и размерности наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов, получаемых в виде суспензий способом ультразвукового диспергирования диоксида титана, алюмосиликатного, углерод-силикатного и магний-силикатного компонентов в водных средах органических стабилизаторов, и оценка их экологической безопасности с учетом потенциального риска образования наноаэрозолей.

Методика. Для получения НМД в качестве дисперсных фаз использовались диоксид титана рутильной структурной модификации марки Р-1 (по ГОСТ 9808), алюмосиликатный, углерод-силикатный и магний-силикатный минеральные компоненты и органические стабилизаторы: поливиниловый спирт (неионогенное ПАВ) марки 16/1 и суперпластификатор С-3 (анионоактивное ПАВ) в виде сухого вещества. Дисперсионной фазой служила дистиллированная вода.

Поливиниловый спирт (ПВС) в обычном агрегатном состоянии малотоксичен, относится к группе горючих материалов. При нагревании свыше 180 °С и горении из ПВС выделяются высокоопасные продукты деструкции, содержащие оксид углерода, ацетальдегид, формальдегид и уксусную кислоту. Поэтому при использовании ПВС запрещается контакт с открытым огнем. Рабочие помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией [11].

Суперпластификатор С-3 является умеренно-опасным веществом (третий класса опасности). При хранении С-3 не выделяет вредных веществ, не изменяет токсиколого-гигиенических характеристик материалов. В помещениях, где проводятся работы с С-3, необходимо предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию [12].

Диоксид титана по степени действия на организм относится к четвертому классу опасности (малоопасное вещество). Он пожаро- и взрывобезопасен, не горюч и не поддерживает горения. При работе с TiO_2 следует избегать прямого контакта с пигментом, предотвращать

образование пыли, использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания.

В качестве алюмосиликатного компонента использовался метакаолин ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) – дисперсный материал с удельной поверхностью не менее 1200 м²/кг, содержащий аморфные модификации оксида алюминия Al_2O_3 (более 50 %) и оксида кремния SiO_2 (около 43 %), получаемый после специальной термической обработки и помола каолиновой глины [13].

Углерод-силикатный компонент приготавливался путем двухстадийного тонкого помола (в шаровой мельнице и виброистирателе) до удельной поверхности от 360 до 380 м²/кг шунгитовой породы, содержащей около 30 % углерода С и более 56 % оксида кремния SiO_2 .

В качестве магний-силикатного компонента использовался продукт тонкого помола (в виброистирателе) до удельной поверхности от 320 до 350 м²/кг отсевов от дробления антигоритового серпентинита ($\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$), содержащего около 59 % оксида кремния SiO_2 и свыше 3 % оксида магния MgO .

Метакаолин, шунгитовая порода, антигоритовый серпентинит являются малоопасными веществами (четвертый класс опасности). Они не токсичны, не горючи, пожаро- и взрывобезопасны, не оказывают вредного воздействия при контакте с человеком и окружающей средой, характеризуются низкой радиоактивностью (не более 370 Бк/кг) [12, 14].

Ультразвуковое диспергирование исходных минеральных компонентов в водных средах органических стабилизаторов проводилось запатентованным способом с помощью импульсного активатора ванного типа ПСБ-4035-04 [15].

Устойчивость к агрегации дисперсных фаз суспензий оценивалась по счетному медианному диаметру (СМД), а размерность – по среднему геометрическому диаметру (СГД) частиц с помощью прибора 90Plus/BI-MAS – автоматической системы для определения диаметров и полидисперсности частиц методом фотонно-корреляционной спектроскопии.

Исследование устойчивости и размерности осуществлялось на стадии интенсивной агрегации дисперсных фаз полученных суспензий (через 2 месяца хранения). В этот период на поверхности суспензий сосредоточены самые легкие и слабосвязанные наночастицы, которые являются наиболее вероятными источниками образования опасных наноаэрозолей.

Основная часть. По данным фотонно-корреляционной спектроскопии счетный медианный диаметр частиц диоксида титана, стабилизированных поливиниловым спиртом, через 2 месяца хранения составляет 200 нм, что в 1,7

раз меньше по сравнению с суперпластификатором С-3. Это говорит о менее ускоренной аг-

регации наночастиц диоксида титана в водной среде ПВС (рис. 1, а, б).

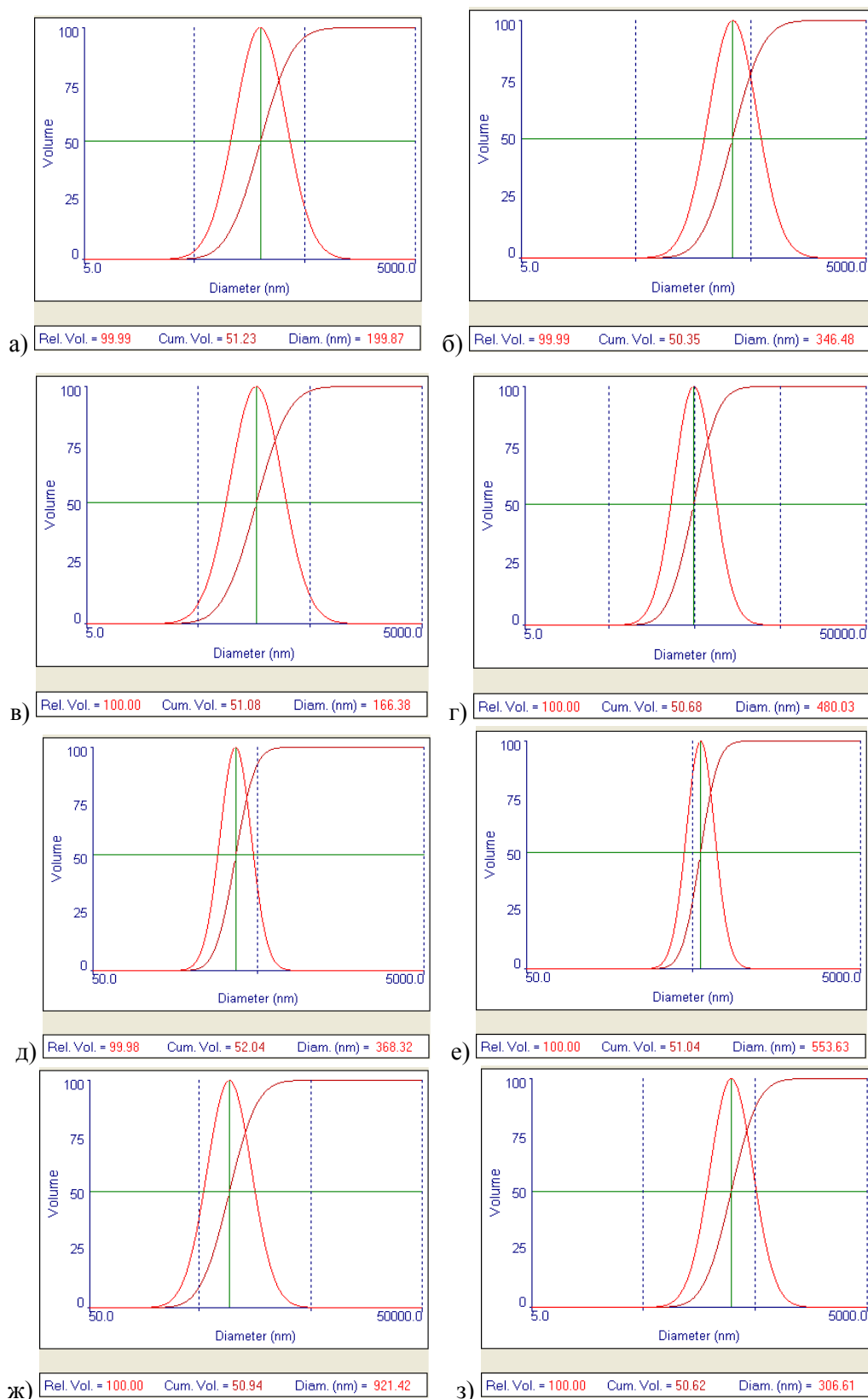


Рис. 1. Медианный диаметр твердых фаз наномодифицирующих добавок через 2 месяца: а, б – на основе диоксида титана в водной среде стабилизаторов ПВС и С-3 соответственно; в, г – то же, на основе метакраолина; д, е – то же, на основе шунгита; ж, з – то же, на основе серпентинита

Установлено, что СМД частиц метакраолина, стабилизированных суперпластификатором С-3,

через 2 месяца хранения составляет 480 нм, что в 2,9 раза больше по сравнению с поливинило-

вым спиртом. То есть более ускоренная агрегация наночастиц алюмосиликатного компонента наблюдается в водной среде С-3 (рис. 1, в, г).

Процесс ускоренной агрегации наблюдается также при использовании С-3 в качестве стабилизатора наночастиц углерод-силикатного компонента. В данном случае СМД частиц шунгитовой породы в водной среде суперпластификатора С-3 увеличивается от 368 до 554 нм (в 1,5 раза) по сравнению с поливиниловым спиртом (рис. 1, д, е).

Для стабилизации наночастиц серпентинита

применение суперпластификатора С-3 является более предпочтительным, поскольку СМД магний-силикатного компонента в водной среде С-3 снижается от 921 до 307 нм (в 3 раза) по сравнению с поливиниловым спиртом (рис. 1, ж, з).

Результаты определения среднего геометрического диаметра показали, что дисперсные фазы исследуемых наномодифицирующих добавок через 2 месяца хранения представляют собой крупные агломераты и агрегаты, СГД которых значительно превышает 100 нм (табл. 1).

Таблица 1

**Средний геометрический диаметр дисперсных фаз наномодифицирующих добавок
через 2 месяца хранения**

Состав НМД		СГД, нм	Диапазон, нм
минеральный компонент	органический стабилизатор		
Диоксид титана	ПВС	396,658	60,23-1118,10
	С-3	751,813	34,12-1230,03
Метакаолин	ПВС	218,97	23,24-1264,28
	С-3	1337,89	219,11-1977,21
Шунгитовая порода	ПВС	385,65	380,02-392,3
	С-3	597,94	346,33-814,71
Серпентинит	ПВС	1235,57	1109,88-9269,97
	С-3	649,52	215,25-969,84

При этом НМД на основе диоксида титана в среде стабилизатора ПВС через 2 месяца хранения включает: 40 % (по объему) частиц минимальным диаметром 60 нм, в среде суперпластификатора С-3 – 24 % диаметром 34 нм; на основе метакаолина: 78 % – 23 нм и 0,7 % – 219 нм; на основе шунгитовой породы: 24 % – 380 нм и 18 % – 346 нм; на основе антигоритового серпентинита: 0,15 % – 1110 нм и 2 % – 215 нм соответственно.

Выводы. С учетом риска образования наноаэрозолей на стадии интенсивной агрегации, экспериментально определены счетный медианный и средний геометрический диаметры дисперсных фаз наномодифицирующих добавок для композиционных строительных материалов, получаемых в виде суспензий способом ультразвукового диспергирования доступных и экологически безопасных минеральных компонентов (диоксида титана, метакаолина, шунгитовой породы, антигоритового серпентинита) в водных средах поливинилового спирта и суперпластификатора С-3.

Наибольшая вероятность образования наноаэрозолей характерна для наномодифицирующей добавки на основе диоксида титана и метакаолина в среде поливинилового спирта. Несмотря на большой счетный медианный и средний геометрический диаметры частиц диоксида титана и метакаолина со стабилизатором ПВС через 2 месяца хранения, объем слабосвя-

занных частиц TiO_2 диаметром 60,23 нм составляет 40 %, а частиц алюмосиликатного компонента диаметром 23,24 нм – 78 %, в результате чего повышается риск их высвобождения в воздух вместе с молекулами воды в процессе испарения.

Для снижения потенциального риска образования опасных наноаэрозолей не следует допускать открытого контакта разработанных наномодифицирующих добавок с воздухом при их хранении, транспортировке и применении.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №16-33-50071).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анциферова И.В. Наноматериалы и потенциальные экологические риски // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2010. № 1. С. 48–53.
2. Латышевская Н.И., Стрекалова А.С. Экологические проблемы развития нанотехнологий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2011. Т. 3. № 1. С. 224–230.
3. Гирштель Г.Б., Глазкова С.В., Левицкий А.В. Строительные материалы, модифицированные наночастицами // Технологии бетонов. 2013. № 6 (83). С. 48–51.

4. Maynard A.D., Kuempel, E.D. Airborne nanostructured particles and occupational health // J. Nanoparticle Res.. 2005. № 7. pp. 587-614.
5. Ku B.K., Maynard A.D. Comparing aerosol surface-area measurement of monodisperse ultrafine silver agglomerates using mobility analysis, transmission electron microscopy and diffusion charging // J. Aerosol Sci.. 2005. № 36 (9). pp.1108–1124.
6. ГОСТ Р 56662-2015. Нанотехнологии. Часть 8. Процессы нанотехнологического производства. Термины и определения. Введ. 2015.10.21. М.: Стандартинформ, 2016. 35 с.
7. ГОСТ Р 56748.1-2015. Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Часть 1. Общие положения. Введ. 2015.11.23. М.: Стандартинформ, 2016. 40 с.
8. ГОСТ Р 54597-2011. Воздух рабочей зоны. Ультрадисперсные аэрозоли, аэрозоли наночастиц и наноструктурированных частиц. Определение характеристик и оценка воздействия при вдыхании. Введ. 2011.12.07. Стандартинформ, 2012. 40 с.
9. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Структура и свойства бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов. Монография. Москва: МГСУ, 2013. 204 с.
10. Лукутцова Н.П., Кулеш И.А., Антоненкова О.Е., Пыкин А.А., Устинов А.Г., Мацаенко А.А., Суглобов А.В. Кинетические модели для оценки агрегативно-седиментационной устойчивости высокодисперсных добавок к бетону и раствору, полученных ультразвуковым диспергированием минеральных компонентов в водной среде // Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 130–136.
11. ГОСТ 10779-78. Спирт поливиниловый. Технические условия. Введ. 1980.01.01. М.: Изд-во стандартов, 1987. 24 с.
12. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Широко С.В., Мацаенко А.А. Технико-экологическое обоснование получения наномодификатора для бетона // Строительство и реконструкция. 2012. № 3. С. 42–47.
13. Брыков А.С. Метакаолин // Цемент и его применение. 2012. № 4. С. 36-40.
14. ТУ 5729-097-12615988-2013. Метакаолин МКЖЛ. Введ. 2013.10.20. г. Пласт.: ЗАО «Пласт-Рифей», 2013. 16 с.
15. Патент РФ 2563264. Способ изготовления комплексной нанодисперсной добавки для высокопрочного бетона / Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Суглобов А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «БГИТА». - № 2014131704/03, заявл. 30.07.2014; опубл. 20.09.2015.

Lukuttsova N.P., Pykin A.A., Golovin S.N., Borovik E.G.
ENVIRONMENTAL SAFETY NANOMODIFIERS ADDITIVES
FOR COMPOSITE BUILDING MATERIALS

Investigated the stability and the dimension of the particles of the dispersed phase nanomodifiers additives for composite building materials, received in the result of ultrasonic dispersion of mineral components (titanium dioxide, silica-alumina, carbonate-silicate, magnesium-silicate) in aqueous media of organic stabilizers. The assessment of environmental security developed nanomodifiers supplements given the potential risk of nanosprays.

Key words: nano-additives, suspension, dispersed phase, count median diameter, geometric mean diameter, nanospray, environmental safety.

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

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

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

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

E-mail: alexem87@yandex.ru

Головин Сергей Николаевич, студент кафедры производства строительных конструкций.

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

E-mail: s.n.golovin@mail.ru

Боровик Екатерина Григорьевна, студент кафедры производства строительных конструкций.

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 3.

E-mail: catya.b59@gmail.com

DOI: 10.12737/22020

¹Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,¹Бондаренко Н.И., аспирант,²Соколова О.Н., канд. техн. наук, доц.,¹Бондаренко Д.О., аспирант,¹Слабинская И.А., д-р экон. наук, проф.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Белгородский университет кооперации, экономики и права

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА НА ДООБЖИГОВЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

bondarenko-71@mail.ru

Исследован химический и минералогический состав глинистого сырья Белгородской области. Определены области применения глин Белгородской области по Роговому М.И. Исследованы такие дообжиговые свойства глинистых масс с отходами обогащения железистых кварцитов, как трещиностойкость, воздушная усадка, прочность на сжатие и изгиб, формовочная влажность. Показано, что отходы обогащения железистых кварцитов КМА оказывают положительное влияние на дообжиговые свойства глинистых масс.

Ключевые слова: глинистое сырьё, глина, железистые кварциты, дообжиговые свойства.

В настоящее время актуальной для промышленности строительных материалов является задача технического перевооружения существующих в стране предприятий, расширение сырьевой базы, освоение новых технологий и организация производства более дешевой конкурентоспособной и качественной продукции.

Потребность строительной индустрии в стеновых керамических материалах постоянно возрастает. Однако уровень производства этой продукции значительно отстает от растущих потребностей народного хозяйства. Средняя марка выпускаемого в стране кирпича составляет М100 и М125. Доля марок кирпича М150 и М200 незначительна и составляет 10–15 % без тенденций к росту. Развитие многоэтажного строительства в РФ ставит перед промышленностью строительных материалов задачу производства высококачественного кирпича М200 и М300.

В связи с тем, что при производстве стеновых керамических материалов обычно используется низкачественное глинистое сырьё, требующее корректировки природного состава, задача по дальнейшему расширению сырьевой базы и корректирующих добавок остается весьма актуальной.

В настоящее время выход отходов промышленности достиг таких объемов, что их следует рассматривать как искусственно созданное человеком техногенное месторождение, которое с успехом можно использовать в промышленности строительных материалов.

Значительные объемы отходов образуются в горнодобывающей, металлургической, энерге-

тической, машиностроительной, химической и деревообрабатывающей отраслях народного хозяйства.

В строительной индустрии накоплен значительный положительный опыт использования отходов промышленности в производстве строительных материалов. Однако до настоящего времени он не носит системный характер.

В настоящее время в России практически не используются результаты прежних научных разработок в части использования отходов различных производств в строительстве и производстве строительных материалов, не ведутся новые исследования [1, 2].

Практическое использование отходов промышленности в производстве стеновой керамики можно рассматривать в трех аспектах. Во-первых, расширение сырьевой базы керамической промышленности с одновременным улучшением качества продукции и снижением ее себестоимости. Во-вторых, утилизация отходов промышленности, которые находятся в отвалах и практически не находят применения. В-третьих, с точки зрения охраны окружающей среды, переработка отходов промышленности позволит ликвидировать ее загрязнение, освободить и использовать значительные площади, занятые ныне отвалами.

Использование различных отходов промышленности в производстве строительных материалов исследовалось в работах отечественных и зарубежных авторов: Августинника А.И., Архипова И.И., Бессмертного В.С., Гропянова В.М., Гуревича М.И., Зубехина А.П., Звягина Б.Б., Ефимова А.И., Михайлова В.И., Мороза

И.И., Минько Н.И., Евтушенко Е.И., Лесовика В.С., Ничипоренко С.П., Котляровой Л.В., Линько В.В., Лепницкой Н.И., Онищенко А.С., Рогового М.И., Смитновой Г.Г. и др.

Исследования, выполненные рядом организаций по использованию отходов обогащения железистых кварцитов Курской магнитной аномалии (КМА), свидетельствуют о широкой возможности их применения в качестве заполнителя в тяжелых и ячеистых автоклавных бетонах [5–9].

Возможности использования отходов обогащения железистых кварцитов КМА («хвостов») при получении обжиговых материалов изучены недостаточно и не систематизированы [3, 10].

К настоящему времени не было проведено комплексных исследований по влиянию отходов обогащения железистых кварцитов КМА различного зернового состава на дообжиговые и обжиговые свойства стеновой керамики на основе местных источников сырья Белгородской области. Не изучено влияние различных фракций «хвостов» на процессы сушки и спекания глинистых масс. Не исследовано влияние отходов КМА на формирование потребительских свойств стеновой керамики. Нет сведений о фазовых превращениях при спекании керамических масс с отходами обогащения железистых кварцитов КМА, не исследованы макро- и микроструктура.

Основным сырьем для производства стеновой керамики являются глины различного химического и минералогического состава. В качестве объектов исследований выбран широкий

спектр глин Белгородской области, из которых изготавливались модельные образцы и выпускались промышленные партии изделий. Истощение месторождений высококачественных глин и сокращение сырьевой базы приводит к тому, что все в большей мере приходится изыскивать и использовать запесоченные глины и глины с высоким содержанием карбонатных пород. Нами исследовались глины различного минералогического состава: каолинисто-гидрослюдистые, монтмориллонито-гидрослюдистые с примесью каолинита, каолинито-монтмориллонитовые.

В бассейне КМА среди железистых кварцитов наиболее распространены магнетитовые. Железорудные минералы представлены: магнетитом и гематитом (или железный блеск и тонкодисперсный гематит).

В окисленных железистых кварцитах присутствуют: мартит, гидрогематит, гетит, гидрогетит. Главным нерудным минералом является кварц.

Второстепенными минералами являются: кальцит, пирит, доломит, биотит, эгирин, щелочные амфиболы и др. Содержание железа в железистых кварцитах КМА колеблется от 15 до 45 мас. %. Среднее содержание железа в рудных участках 32–40 %.

Только в Белгородской области запасы железных руд оценивают в 23 млрд. т. В качестве объектов исследований были взяты отходы обогащения железистых руд и железистых кварцитов Лебединского месторождения, расположенного в центральной части Старооскольского узла магнитных аномалий в Губкинском районе Белгородской области (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав отходов промышленности

Наименование	Содержание оксидов, масс. %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₃	п.п.п.
Отходы обогащения железистых кварцитов КМА	66,19	9,51	9,06	6,44	3,70	4,08	0,69	0,51	0,16	0,11	5,19

Макро- и микроструктуру стеновой керамики и декоративного покрытия изучали с помощью оптической и электронной микроскопии (ЭМ), а фазовый состав – дифференциально-термическими методами (ДТА), рентгенофазовым методом (РФМ) и инфракрасной спектроскопией (ИК). Химический состав определяли рентгенофлуоресцентным методом.

В работе изучались наиболее важные свойства и показатели глинистого сырья и глинистых масс (табл. 2).

Образцы на основе глин и глинистых масс с отходами обогащения железистых кварцитов

КМА получали методом пластического формования с последующей сушкой и обжигом в муфельной печи при 950–1100 °С. С этой целью готовили кубики с размером грани 30 мм и балочки размером 6,0×1,0×1,0 мм.

Гранулометрический состав глинистого сырья месторождений определяли оптическим, ситовым и пипеточным методами (табл. 3). Глинистое сырье состоит из отдельных частиц различной величины, формы и состава. Гранулометрический состав обуславливает пластичность, усадку, набухание, сопротивление сдвигу и другие свойства глинистого сырья.

Таблица 2

Номенклатура исследуемых свойств и показателей глинистого сырья

№	Объект исследования	Размерность	Наименование свойств и показателей
1	Глинистое сырье	–	Пластичность
		%	Химический состав
		%	Минеральный состав
		Ng и Nr	Оптические характеристики
		мм	Гранулометрический состав
		с	Трещиностойкость
		%	Воздушная усадка
		МПа	Прочность на сжатие
		МПа	Прочность на изгиб
		–	Коэффициент чувствительности к сушки
		%	Формовочная влажность
2	Глинистая масса	с	Трещиностойкость
		%	Воздушная усадка
		МПа	Прочность на сжатие
		МПа	Прочность на изгиб
		–	Коэффициент чувствительности к сушки
		%	Формовочная влажность

Таблица 3

Гранулометрический состав глинистого сырья месторождений Белгородской области

№	Наименование глин	Размерность	Содержание фракций в расчете на абсолютно сухое вещество, масс. %							
			1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	менее 0,001
1	Глина Бессоновского месторождения	мм	1,35	3,51	11,93	12,44	21,12	18,98	13,65	17,02
2	Глина Волоконовского месторождения	мм	1,48	2,53	8,07	14,61	29,81	17,58	12,21	13,72
3	Глина Терновского месторождения	мм	1,51	4,05	10,73	15,21	22,15	19,37	10,25	16,73
4	Глина Старооскольского месторождения	мм	1,74	4,36	10,16	12,80	23,10	13,70	14,10	21,04
5	Глина Краснояружского месторождения	мм	1,20	4,05	8,77	11,17	22,10	11,12	14,59	27,95

По результатам исследований гранулометрического состава исследуемые глины были размещены в систему треугольных координат «глина – пылевидные – песок», разработанную Роговым М.И.

В соответствии с классификацией Рогового М.И. глины месторождений Бессоновского, Волоконовского, Терновского и Старооскольского размещаются в поле, предназначенном для тяжелых суглинков; Краснояружского – в поле пластичных пылевидных глин (рис. 1).

При микроскопическом исследовании глин выявлено, что в них содержатся тонкодисперсные глинистые частицы размером до 10 мкм полиминерального состава, содержащие кварц, полевой шпат, карбонаты, оксиды и гидроксиды

железа и незначительное количество других примесей. Кварц в глинах присутствует в виде окатанных зерен. Размеры зерен кварца лежат в пределах 0,05 – 0,1 мм. Контур и поверхность зерен сильно корродированы. Они непрозрачны и анизотропны с показателем светопреломления $N_g = 1,553$ и $N_r = 1,545$.

Полевой шпат в глинистом сырье наблюдается в виде овальных мутных зерен ортоклаза и микроклина. Размеры зерен составляют в среднем 0,12 мм. Показатель светопреломления: $N_g = 1,525$ и $N_r = 1,516$.

Карбонаты представлены тонкодисперсными кристаллами кальцита с показателем светопреломления $N_g = 1,658$ и $N_r = 1,485$.

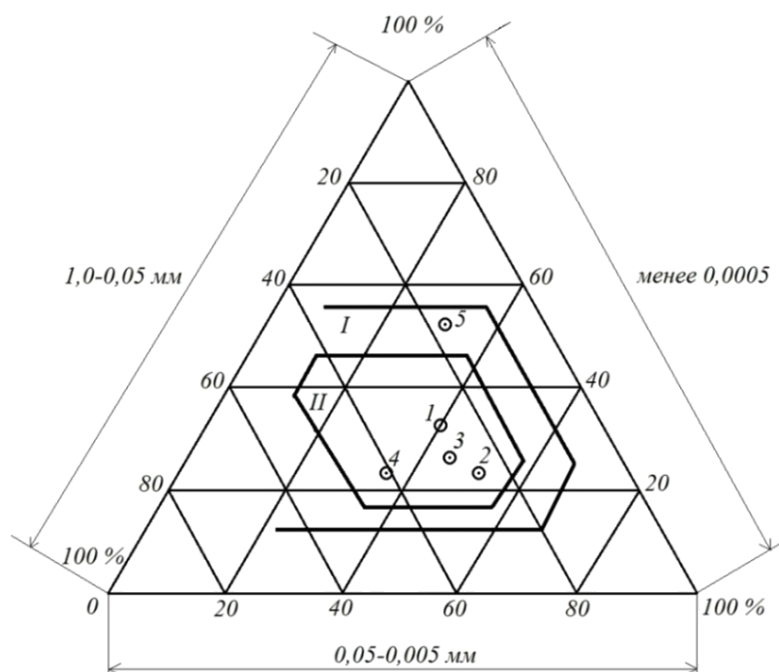


Рис.1. Классификация гранулометрического состава глинистого сырья по Роговому М.И.:

1 – глина Бессоновского месторождения; 2 – глина Волоконовского месторождения; 3 – глина Терновского месторождения; 4 – глина Старооскольского месторождения; 5 – глина Краснояружского месторождения;
I и II области составов глин, пригодных для получения соответственно полнотелого и пустотелого кирпича и камней

Размеры зерен кальцита колеблются от 0,002 до 0,25 мм. В незначительном количестве присутствует доломит.

Кроме выше указанных минералов в глинах установлено наличие оксидов и гидрооксидов железа и хлоритов.

Выполненный нами рентгенофазовый анализ показал наличие в глинах месторождений Белгородской области каолинита ($d/n = 0,714$;

0,357; 0,237 нм), монтмориллонита ($d/n = 1,530$; 0,450; 0,255 нм), гидрослюда ($d/n = 0,998$; 0,447; 0,256 нм). Значительное количество примесей отражается на дифрактограммах пиками кварца ($d/n = 0,334$; 0,426; 0,181 нм), карбонатов – кальцита ($d/n = 0,303$; 0,228 нм) и доломита ($d/n = 0,228$; 0,219; 0,178 нм), полевых шпатов – микроклина ($d/n = 0,325$; 0,216; 0,180 нм) и ортоклаза ($d/n = 0,402$; 0,380; 0,318 нм).

Таблица 4

Минералогический состав глинистого сырья месторождений Белгородской области

№	Наименование глин	Содержание минералов, масс. %								
		каолинит	монтмориллонит	гидрослюда	хлорит	кварц	полевой шпат	карбонаты	оксиды и гидроксиды железа	органическое вещество
1	Глина Бессоновского месторождения	24–29	–	20–25	–	35–37	2–3	7–10	3–5	2–4
2	Глина Волоконовского месторождения	27–32	8–10	17–22	–	30–35	3–5	8–11	3–6	3–5
3	Глина Терновского месторождения	25–35	–	12–15	–	15–20	10–12	6–9	5–6	2–4
4	Глина Старооскольского месторождения	10–12	20–25	17–19	3–5	15–20	2–4	4–6	4–5	2–3
5	Глина Краснояружского месторождения	8–10	40–45	11–16	3–5	10–14	2–4	1–2	2–4	2–4

Как видно из данных, представленных в таблице 4, по минералогическому составу глины Бессоновского и Терновского месторождения

относятся к каолинито-гидрослюдистым. Глину Волоконовского месторождения можно отнести к каолинито-гидрослюдистым с примесью

монтмориллонита. Глины Старооскольского и Краснояружского месторождения являются монтмориллонито-гидрослюдистыми с примесью каолинита.

Данные рентгенофазового анализа и микроскопических исследований глин подтверждаются результатами дифференциально-термического анализа. Эндотермический эффект в интервале температур 550–600 °С и эндотермический эффект в интервале температур 980–990 °С указывает на наличие в качестве основного минерала – каолинита. Три эндотермических эффекта при температурах 130–160 °С, 680–710 °С, 810–840 °С характерны для монтмориллонита. Третий эндотермический эффект совпадает с разложением кальцита. Эндотермические эффекты в интервалах температур 540–580 °С и 890–910 °С характерны для гидрослюды. Эндотермический эффект при 940–950 °С – ука-

зывает на наличие гидрослюды. Эндоеффект в районе 150 °С указывает на удаление межплоскостной воды в кальците.

Таким образом, проведенные нами исследования подтвердили наличие в глинах Белгородских месторождений каолинита, гидрослюды, монтмориллонита и карбонатов.

Химический анализ глинистого сырья показал, что глины в своем составе содержат повышенное содержание оксидов кальция (табл. 5).

Перед испытаниями с целью выявления влияния сушки на качество высушенных образцов, последние подвергались внешнему осмотру. Наличие трещин, посечек и дефектов сушки, как известно [1–3] вызывает снижение значений такого показателя, как прочность сырца после сушки, который является важнейшей характеристикой качества стеновых керамических материалов.

Таблица 5

Химический состав глин Белгородской области

№	Наименование глин	Содержание оксидов, масс. %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	п.п.п.
1	Глина Бессоновского месторождения	68,6	13,2	4,6	0,3	4,8	1,3	0,96	0,54	0,3	5,4
2	Глина Волоконовского месторождения	65,9	10,7	5,9	0,2	5,7	1,1	0,7	1,5	0,2	8,1
3	Глина Терновского месторождения	61,5	16,9	5,5	0,4	4,1	1,9	1,6	0,9	следы	7,2
4	Глина Старооскольского месторождения	69,1	13,1	4,2	0,1	3,2	1,4	1,3	0,7	следы	6,9
5	Глина Краснояружского месторождения	64,8	18,2	3,5	0,5	0,9	1,2	1,8	0,5	следы	8,6

При внешнем осмотре высушенных образцов характерным для всех исследуемых образцов кирпича, полученного из местных месторождений глинистого сырья, является наличие на гранях таких дефектов сушки, как посечки и трещины, которые снижают физико-механические показатели полуфабриката и готовых изделий.

В ранее цитируемых работах [2, 3] по использованию отходов КМА в керамической промышленности отмечено, что оптимальное их количество в составе масс достигает 20–30 %, однако влияние фракций различных составов на дообжиговые свойства практически не исследовались. Нами предложено снизить количество корректирующих добавок в составах глинистого сырья до 10–15 % за счет изменения их гранулометрического состава, что очень важно для регулирования дообжиговых свойств глинистых

масс. Как показали предварительные эксперименты, использование отходов КМА без разделения их на фракции не дает положительного эффекта. Однако раздельное использование фракций гранулометрического состава 0,06–0,25 мм и 0,25–1,25 мм позволяет существенно повысить дообжиговые свойства глинистого сырья местных месторождений.

Показатели дообжиговых свойств глинистого сырья представлены в табл. 6.

Глины Бессоновского и Волоконовского месторождений относятся к умереннопластичным (число пластичности не более 15). По чувствительности к сушке глинистое сырье всех исследуемых месторождений относится к классу среднечувствительных (Кч находится в пределах 1,2–1,8). По показателю воздушной усадки глинистое сырье можно отнести к разряду среднеусадочного.

Таблица 6

Показатели дообжиговых свойств глинистого сырья месторождений Белгородской области

№	Наименование	Формовочная влажность, масс. %	Чувствительность к сушке по Чижскому А.Ф.	Воздушная линейная усадка	Прочность сырца после сушки (105 °С)	
					Ризг., МПа	Рсжат., МПа
1	Глина Бессоновского месторождения	21,9	1,25	5,2	1,3	5,5
2	Глина Бессоновского месторождения и 5 % отходов	19,3	1,23	4,5	1,6	6,1
3	Глина Бессоновского месторождения и 10 % отходов	18,8	1,20	3,9	1,9	6,4
4	Глина Волоконовского месторождения	22,2	1,29	5,8	1,5	6,0
5	Глина Волоконовского месторождения и 5 % отходов	21,4	1,25	5,6	1,9	6,3
6	Глина Волоконовского месторождения и 10 % отходов	19,4	1,22	4,1	2,1	6,6

По механической прочности на изгиб в сухом состоянии глины Бессоновского и Волоконовского месторождений относят к группе с низкой механической прочностью.

Нами выявлено, что как отощающий компонент, отходы КМА гранулометрического состава 0,25 – 0,06 мм с оптимальным содержанием 10 мас. % в глине Бессоновского месторождения снижают формовочную влажность с $21,0 \pm 0,1$ % до $18,2 \pm 0,1$ % и воздушную усадку с $5,2 \pm 0,1$ % до $3,8 \pm 0,1$ %. Исследование также показало, что отходы обогащения железистых кварцитов КМА понижают чувствительность к сушке и воздушную усадку, повышают трещиностокость и прочность образцов после сушки (105 °С) (табл. 6). Аналогичные результаты были получены для глины Волоконовского месторождения с добавкой до 10% отходов обогащения железистых кварцитов КМА.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить положительное влияние отходов КМА различных фракций на дообжиговые свойства глинистых масс на основе местных низкокачественных источников сырья Белгородской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов В.И., Зельниченко Е.И. Технология изготовления лицевого кирпича из углеотходов // Строительные материалы и конструкции. 1993. № 4. С. 16–17.
2. Ефимов А.И., Немец И.И. Регулирование реотехнологических характеристик глинистых масс железосодержащими отходами // Известия вузов. Строительство. 2000. № 10. С. 53–57.
3. Немец И.И., Ефимов А.И. Влияние отхо-

дов обогащения железистых кварцитов и отходов каолинового волокна на керамические свойства легкоплавких глин // Совершенствование химической технологии строительных материалов: сб. тр. МИСИ и БТИСМ. М., 1981. С. 99–101.

4. Зубехин А.П., Бельмаз Н.С., Филатова Е.В. Фазовый состав керамического кирпича из глин различного состава // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2003. № 2. С.90–92.

5. Лесовик Р.В., Гридчин А.М., Строкова В.В. Состояние и перспективы использования сырьевой базы КМА в стройиндустрии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 3. С. 22–24.

6. Строкова В.В. Современное состояние и экологические проблемы освоения сырьевой базы стройиндустрии региона КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. № 8. С. 290.

7. Черкашин Ю.Н., Лесовик Р.В., Сопин Д.С. Высококачественный бетон с использованием сырьевых ресурсов КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 21–24.

8. Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Авилова Е.Н., Глаголев Е.С. Решение проблемы утилизации техногенного сырья КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 7–10.

9. Гридчин А.М., Лесовик Р.В., Ряпухин Н.В. Свойства мелкозернистых бетонов с ис-

пользованием техногенных пород КМА. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. 62 с.

10. Бессмертный В.С., Пучка О.В., Кеменов С.А., Бондаренко Н.И., Табит Салим А.А. Плазмохимическая модификация стеновых строи-

тельных материалов с отходами обогащения железистых кварцитов КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 21–24.

Bessmertniy V.S., Bondarenko N.I., Sokolova O.N., Bondarenko D.O., Slabinskaya I.A.

RESEARCH OF INFLUENCE OF WASTE OF ENRICHMENT OF THE KMA FERRUTEROUS QUARTZITES ON DOOBZHIGOVY PROPERTIES OF CONSTRUCTION MATERIALS

The chemical and mineralogical composition of clay raw materials of the Belgorod region is investigated. Scopes of clays of the Belgorod region on Horn M. I. Issledovana such doobzhigovy properties of clay masses with waste of enrichment of ferruteroous quartzites as crack resistance, air shrinkage, durability on compression and a bend, forming humidity are defined. It is shown that waste of enrichment of the KMA ferruteroous quartzites exerts positive impact on doobzhigovy properties of clay masses.

Key words: *clay raw materials, clay, ferruteroous quartzites, doobzhigovy properties.*

Бессмертный Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики.

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

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

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Бондаренко Надежда Ивановна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики.

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

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

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

Соколова Оксана Николаевна, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы.

Белгородский университет кооперации, экономики и права.

Адрес: Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

E-mail: sokolovakseny@rambler.ru

Бондаренко Диана Олеговна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

Слабинская Ирина Александровна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой бухгалтерского учёта и аудита.

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

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

E-mail: iaslabinskaya@mail.ru

Юракова Т.Г., канд. техн. наук, доц.,
Черноситова Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Юраков Н.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ ПИГМЕНТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

tatjana.2006@mail.ru

Приведены результаты реализации полного факторного эксперимента по изучению влияния условий синтеза синего искусственного пигмента на его интенсивность отраженного света. Методом регрессионного анализа получена зависимость интенсивности отраженного света от влияющих факторов, позволяющая прогнозировать свойства этого материала.

Ключевые слова: пигмент, интенсивность отраженного света, регрессионный анализ, полный факторный эксперимент.

Важнейшей задачей архитектурно – строительного материаловедения является создание эффективных и экономичных материалов с заданными свойствами и рациональных технологий их производства. Немаловажным фактором, повышающим спрос на отделочные материалы, является разнообразная палитра цветовых оттенков.

Создание эффективных пигментных наполнителей для отделочных материалов позволяет получить композиционные материалы с улучшенным комплексом свойств, в том числе и в эстетическом плане.

Цветовые решения, используемые в архитектуре, имеют особое значение и могут способствовать оптимизации системы «человек-материал-среда обитания», так как каждый цвет обладает своей энергетикой и может по-разному влиять на психологическое состояние человека, которое ведет, в свою очередь, к физиологическим изменениям. Под воздействием цвета может изменяться частота пульса, особенности работы внутренних органов. Это связано с воздействием на периферическую нервную систему. Поэтому цветовое предпочтение потребителей влияет на выбор колористических характеристик отделочных материалов.

В лакокрасочной промышленности пигменты являются одним из основных компонентов красок, эмалей и грунтовок, широко применяемых в строительстве для придания изделиям декоративных свойств, в частности, определённого цвета, так как пигменты избирательно отражают лучи света.

Для того, чтобы найти зависимость интенсивности отраженного света пигментного наполнителя от ряда технологических факторов его производства целесообразно использовать методы планирования эксперимента и статистического анализа данных. Эти методы позволяют выявлять закономерности изменения свойств

различных материалов, оценивать стабильность технологических процессов производства, устанавливать взаимосвязи показателей качества и влияющих на них факторов.

В данной статье приведены результаты регрессионного анализа интенсивности отраженного света в видимой области.

Интенсивность отраженного света - способность пигмента к отражению света видимой части спектра определенных длин волн. Она выражается в относительных процентах. Этот показатель во многом зависит от размера и формы частиц пигмента и ряда других факторов.

При определении данного показателя использовали пигментный наполнитель - аналог железной лазури, полученный методами химического осаждения с использованием в качестве наполнителя высокодисперсного карбоната кальция. К достоинствам этого пигмента относятся: высокая дисперсность, светостойкость; термическая устойчивость, хорошая совместимость со многими строительными материалами и др.

Введение в пигментный наполнитель карбоната кальция в количестве 83–99 % масс. позволяет регулировать оттенки искусственного пигмента в пределах 27–80 % относительной интенсивности отраженного света.

С целью оптимизации технологического процесса получения искусственного синего пигмента и прогнозирования его оптических свойств, в частности, интенсивности отраженного света, были изучены условия синтеза этого материала с применением метода планирования эксперимента по матрице полного факторного эксперимента ПФЭ 2³. Исходные данные для планирования эксперимента приведены в табл. 1

В результате реализации эксперимента были получены значения, приведенные в табл. 2.

Таблица 1

Исходные данные для ПФЭ

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Масс. % красителя, (C_k)	X_1	5	10	15	5
Соотношение ферроцианидов железа (II) и калия в пигментном наполнителе, (Ж/К)	X_2	0,3	0,5	0,7	0,2
Концентрация перекиси водорода, мл/100 г, (C_n)	X_3	2	4	6	2

Таблица 2

Матрица планирования и экспериментальные данные

Точки плана	Факторы			Интенсивность отраженного света, отн. %		Среднеарифметические значения $\bar{y}_i$
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	
1	+1	+1	+1	17	17,5	17,25
2	+1	+1	-1	35	34	34,5
3	+1	-1	+1	16,5	17	16,75
4	+1	-1	-1	33	33,5	33,25
5	-1	+1	+1	17,5	18	17,75
6	-1	+1	-1	36,5	37	36,75
7	-1	-1	+1	17,5	18	17,75
8	-1	-1	-1	34	34	34,0

Для предварительного анализа полученных данных использовались графические средства программного статистического комплекса STATISTICA: тернарные и XYZ 3D графики. Эта программа находит широкое применение для решения различных задач в области статистического анализа данных, оценки и прогнозирования показателей качества продукции.

Для построения тернарных графиков используется треугольная система координат: все

точки располагаются внутри равностороннего треугольника, в вершинах которого одна из переменных принимает максимальное значение (1,0), а остальные равны нулю. При этом значения четвертой переменной (функции отклика) изображены в зависимости от соотношения трех других. Положение каждой точки функции отклика определяется значениями факторов, выраженных в долях от единицы и отложенными по соответствующим осям.

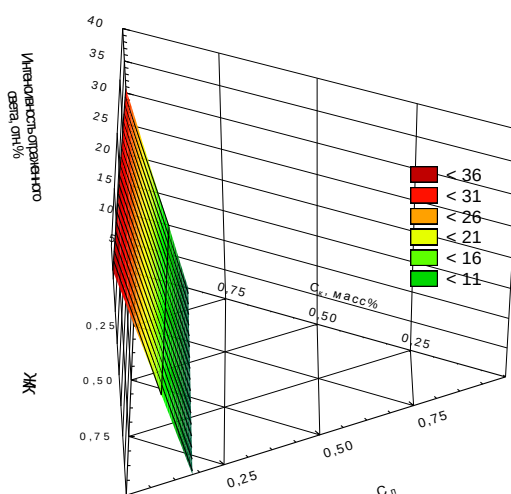


Рис. 1. Зависимость интенсивности отраженного света от соотношения варьирующих факторов

Как видно из представленного графика в исследованной области факторного простран-

ства на интенсивность отраженного света наиболее существенное влияние оказывает кон-

центрация перекиси водорода: чем меньше концентрация, тем лучше пигмент отражает свет. Увеличение содержания красителя и соотношения ферроцианидов железа (II) и калия в пиг-

ментном наполнителе приводит к незначительному увеличению функции отклика.

График поверхности функции отклика в зависимости от содержания красителя и концентрации перекиси представлен ниже.

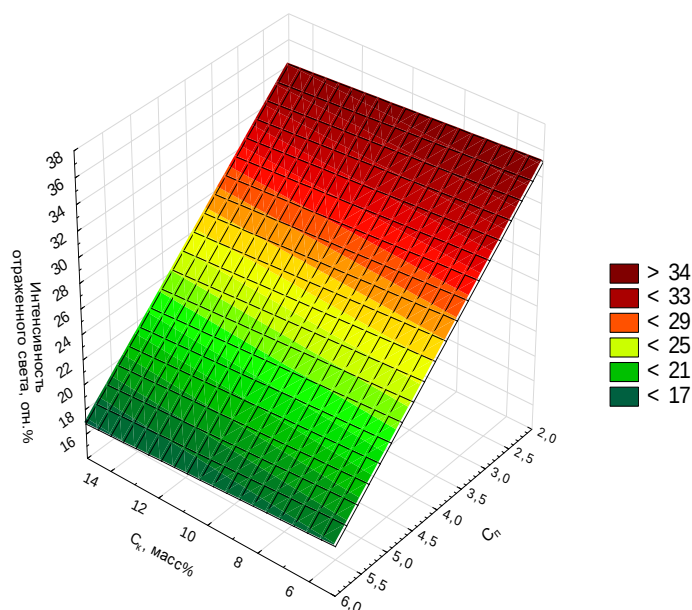


Рис. 2. Зависимость интенсивности отраженного света от концентрации перекиси водорода и содержания красителя

Рассчитанное в модуле Multiple Regression аналитическое выражение зависимости коэффициента отраженного света от факторов ПФЭ имеет вид:

$$y=42,96-0,11x_1+2,81x_2-4,31x_3 \quad (1)$$

В программе заложена проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии с помощью критерия Стьюдента и адекватности полученного математического описания с использованием критерия Фишера.

Уравнение получено в натуральных переменных и может быть использовано для прогнозирования значений интенсивности отраженного света для рассмотренного в данной работе синего пигмента.

На основе математической теории планирования эксперимента возможно регулирование оттенка железной лазури от бледно-голубого до синего путем варьирования соотношения красителя и наполнителя, дозировки перекиси водорода и соотношения ферроцианидов железа (II) и калия в искусственном пигментном наполнителе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленький Е.Ф., Riskin И.В. Химия и технология пигментов. Л.: Химия, 1974. 656с.

2. Лакокрасочные материалы и покрытия. Теория и практика. Пер. с англ./ Под ред. Р. Ламбурна. СПб.: Химия, 1991. 512 с.

3. Индейкин Е.А., Лейбзон Л.Н., Толмачов И.А. Пигментирование лакокрасочных материалов. Л.: Химия, 1986. 160 с.

4. Лесовик В.С. Архитектурная геоника. Взгляд в будущее // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. Города России. 2013. Вып.31 (50). Ч.1. С.131–136.

5. Базыма Б.А. Цвет и психика. Монография. Харьков.: ХГАК, 2001. 172 с.

6. Юракова Т.Г., Черноситова Е.С. Прогнозирование показателей качества искусственных пигментов на основе регрессионного анализа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 84–87.

7. Гуревич М.Н., Ицко Э.Ф., Середенко М.Н. Оптические свойства лакокрасочных покрытий. Л.: Химия, 1984. 120с.

8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.

9. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. Киев.: Наук. Думка, 1980. 207 с.

10. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер. 2003. 688 с.

Yurakova T.G., Chernositova E.S., Yurakov N.S.

STUDY OF THE OPTICAL PROPERTIES ARTIFICIAL PIGMENT FILLERS

Results of realisation of full factorial experiment on studying of influence of conditions of synthesis of a dark blue artificial pigment on it spreading rate are resulted. The method регрессионного the analysis receives dependence spreading rate from the influencing factors, allowing to predict properties of this material.

Key words: pigment, spreading rate, regression analysis, full factorial design.

Юракова Татьяна Геннадиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: tatjana.2006@mail.ru

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: ES-Helen@ya.ru

Юраков Никита Сергеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения , изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: InSert41@mail.ru

¹Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,¹Лесовик В.С., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,¹Воронов В.В., аспирант,²Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф.,³Куприна А.А., канд. техн. наук,¹Павленко О.А., аспирант¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия³ООО «ВНИИСТРОМ-НВ»

ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СУХИХ СМЕСЕЙ*

LHZ47@mail.ru

Твердение цементного камня – сложное явление, связанное с комплексом процессов химического и физического характера. Оно включает химические реакции минералов цементного клинкера и дополнительных компонентов с водой с образованием новых соединений – цементных минералов, физическим и химическим взаимодействием последних друг с другом, а в растворах и бетонах и с заполнителем, с созданием определенной пространственной структуры (структурообразованием) и закреплением образовавшегося пространственного расположения. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей отражается в трех этапах, включающих особенности приготовления и условий укладки раствора, особенностей формирования контактной зоны раствора с основанием, особенности твердения в тонких поверхностных слоях и особенности условий твердения композита.

Ключевые слова: специфика твердения сухих строительных смесей, структурообразование, технологический аспект твердения, закон сродства структур.

Введение. Сухие строительные смеси имеют многокомпонентный состав, включающий вяжущее вещество, наполнитель, заполнитель и комплекс модифицирующих добавок. Каждый компонент смеси и минеральный, и органический оказывает свое специфическое влияние на нано-, микро- и макросистему в целом. Характер нарастания и протекания процессов гидратации определяется используемым вяжущим веществом, его дисперсностью, наличием минеральных наполнителей, их природой, количеством и видом комплексных функциональных добавок. Все вяжущие твердеют под влиянием ряда общих факторов, что придает процессу твердения закономерный характер и позволяет направленно управлять структурообразованием в целом.

Основная часть. Твердение цементного камня – сложное явление, связанное с комплексом процессов химического и физического характера. Оно включает химические реакции минералов цементного клинкера и дополнительных компонентов с водой с образованием новых соединений – цементных минералов, физическим и химическим взаимодействием последних друг с другом, а в растворах и бетонах и с заполнителем, с созданием определенной пространственной структуры (структурообразова-

нием) и закреплением образовавшегося пространственного расположения [1–4].

Процесс твердения цемента может рассматриваться в трех аспектах: энергетическом, кинетическом и технологическом [2]. Энергетический аспект разработан наиболее четко: известны с достаточной на сегодня точностью, значения изменения свободной энергии и тепловые эффекты гидратации минералов, составляющих цемент [2, 8].

Кинетический аспект из-за сложности системы, несмотря на многочисленные глубокие исследования, значительно менее ясен. Огромное количество влияющих факторов позволило высказать более или менее надежные соображения только для процессов с участием мономинеральных вяжущих [1].

Особенно сложным является изучение технологического аспекта, так как здесь мы сталкиваемся с исключительно сложной динамичной системой.

Технологический аспект твердения цементных композитов включает в себя целый ряд исключительно важных вопросов, прежде всего, условий создания композита на всех технологических этапах, начиная с подготовки сырьевых материалов до достижения целевого этапа – эксплуатационного, с учетом функционального назначения и условий службы компо-

зита, а отсюда – основные технологические, физико-механические, деформативные, эксплуатационные свойства, условия твердения и службы, требования по долговечности и т.д.

Формирование структуры строительных растворов, приготовленных из сухих строительных смесей, представляет собой достаточно сложный процесс, с учетом особенностей их назначения, приготовления, нанесения и условий службы.

Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей можно представить в виде схемы (рис. 1), включающей особенности приготовления и условий укладки раствора, особенностей формирования контактной зоны раствора с основанием, особенности твердения в тонких поверхностных слоях и особенности условий твердения композита.

Рассматривая особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей и сравнивая их с ближайшим цементным композитом – бетоном, следует отметить, что мы имеем дело с принципиально различными системами. Так, бетон – это массивное изделие или конструкция определенного объема или формы, а строительный раствор – это материал, который наносится на различные основания тонкими слоями (толщиной до 2,5 мм). Кроме того для

бетонных изделий предусмотрены специальные нормируемые условия для процессов твердения. Строительный раствор наносится на поверхность, где невозможно создать благоприятные условия для его твердения, таким образом, раствор набирает прочность в достаточно жестких условиях окружающей среды, характеризующейся постоянным изменением внешних факторов.

По назначению бетоны и строительные растворы различны: бетон – это конструктивный несущий материал, а строительный раствор выполняет функции скрепляющего, выравнивающего, отделочного материала, а отсюда и требования к этим материалам. В соответствии с назначением эти материалы имеют сходные требуемые свойства, в частности, по прочностным свойствам (но с разными требованиями по показателям), по физическим свойствам (плотности, водо-, газонепроницаемости, морозостойкости), по деформативным свойствам (усадочные деформации). Однако эти материалы имеют особые отличия по техническим требованиям вследствие их функционального назначения, так, к строительным растворам предъявляются специфические требования по прочности сцепления с основанием, паропроницаемости, теплопроводности, трещиностойкости и т.д.

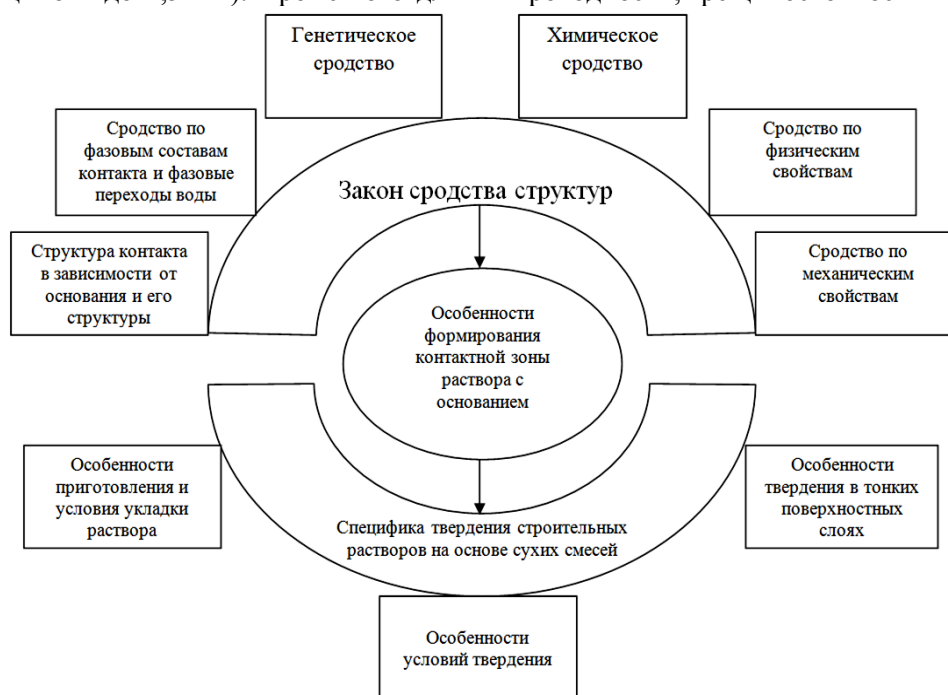


Рис. 1. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей

Особенности работы с сухими строительными смесями, т.е. приготовление их непосредственно перед укладкой в основание, определяют огромные потенциальные возможности для создания и регулирования направленного структурообразования в этих системах. Уже

при приготовлении растворов начинается подготовительная стадия последующей гидратации, интенсивное перемешивание, использование различных силовых полей способствуют более быстрому возникновению центров кристаллизации, возникновение зародышей твердой фазы из

пересыщенного раствора на поверхности подложек на несколько порядков выше, чем в объеме раствора и т.д.

Структура поверхностного слоя строительных растворов, как правило, отличается от внутренних слоев по ряду причин: атомы и молекулы, расположенные на наружной поверхностной части материала, имеют избыточную энергию по сравнению с частицами, расположенными внутри материала; кроме того, поверхностный слой материала, находясь в реальном контакте с окружающей средой, постоянно испытывает воздействия окружающей среды, как в процессе изготовления, так и в процессе эксплуатации. Избыточная энергия поверхностного слоя возникает вследствие того, что каждая частица на поверхности твердого тела и жидкости имеет некомпенсированные химические связи, образующие на поверхности ассиметричное силовое поле. Это силовое поле втягивает поверхностные частицы во внутрь материала, создавая на поверхности напряжение сжатия. Таким образом, поверхностный слой постоянно находится в упруго-напряженном состоянии, а его частицы обладают значительно большим запасом потенциальной энергии, чем частицы внутреннего слоя. Вследствие этого частицы поверхностного слоя более активно реагируют с окружающей средой, более активно вступают в химические реакции. Величина энергии поверхностного слоя прямо пропорциональна энергии химической связи данного материала и зависит от параметров окружающей среды. Так, например, поверхностная энергия твердого тела на границе с жидкостью, которая его смачивает, уменьшается на величину, равную силе взаимодействия поверхностных частиц с жидкостью. Значительное влияние на строение и поверхностных, и внутренних слоев материала оказывают примеси, смачивание поверхности активными жидкостями, диффузионные процессы. Примеси оказывают различное влияние на свойства внешних и внутренних слоев. Если примеси имеют меньшую поверхностную энергию, чем материал, то они равномерно распределяются по поверхности, уменьшая его энергию. Если большую, то концентрируются на отдельных участках поверхности или перемещаются во внутренние слои материала, где могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на его свойства.

Безусловно, основным определяющим фактором качества структуры строительных растворов является количество воды, введенное в эти системы и которое, во многом, определяет свойства растворных смесей и качество затвердевших растворов.

Смачивание имеет большое значение при формировании искусственных композиционных материалов и необходимо для уменьшения энергии поверхностей твердых составляющих, что позволяет получать более плотные упаковки частиц в создаваемых материалах. Диффузия представляет собой самопроизвольное перемещение частиц вещества, в результате которого устанавливается равновесное распределение концентрации этих частиц в объеме газа, жидкости и твердого тела.

Для гидратации клинкерных минералов в тонких поверхностных слоях твердеющей системе необходимо удерживать воду. Это гарантируют используемые минеральные добавки (перлит, туф, шлаки) использующиеся в применяемых композиционных вяжущих при получении сухих строительных смесей. Применение тонкодисперсных композиционных вяжущих с наполнителями различной природы, с высокой удельной поверхностью значительно улучшает условия структурообразования водовяжущих систем. Кроме того на высокодисперсных подложках наполнителя в композиционных вяжущих активнее идут процессы гидратации и формирование гидросиликатов кальция на зонах контакта и матрицы. В первые минуты активно идет гидратация алюминатных фаз и портландита, т.к. они имеют положительный заряд, а подложки отрицательный заряд. На подложках идет избирательная адсорбция. При гидратации клинкерные минералы поглощают значительное количество воды, а частично вода удерживается полимерными добавками, вводимыми в сухие смеси. Таким образом, полимеры, кроме своего функционального назначения удерживают определенное количество воды, отдаваемое по мере протекания гидратации. Кроме того, полимерные пленки препятствуют карбонизации в тонких слоях, т.к. полимер затрудняет диффузию и препятствует карбонизации.

Огромное влияние на специфику твердения растворов на основе сухих смесей оказывают особенности формирования контактной зоны раствора с основанием. Рассматривая создание контактной зоны двух различных материалов: основания-матрицы и наносимого раствора с теоретических позиций, накопленных и имеющихся знаний по данному вопросу, то необходимо знать основные свойства каждого материала, их генетические особенности, их макро-, микро- и наноструктуру, требуемые физико-механические и эксплуатационные характеристики, назначение и условия службы данной конструкции. С целью создания надежной и долговечной работы создаваемых контактных

зон в различных строительных изделиях и конструкциях мы использовали предложенный нами закон сродства структур в материаловедении, устанавливающий причинно-следственные связи, взаимодействующие между собой, определяющие свойства общей системы в целом. Закон сродства структур предусматривает сродство структур основного и наносимого материала по следующим факторам: сродство по фазовым составам контакта и фазовым переходам воды, химическому сродству, генетическому сродству контакта, по структуре контакта в зависимости от основания и его структуры, сродства по механическим и физическим свойствам [5, 6]. Использование предложенного закона позволило получать прогнозируемые высокопрочные композиты [5–17] с заданными свойствами.

Если бетонные изделия изготавливаются на заводе или формируются в условиях строительного объекта, где создаются все необходимые условия для гидратации вяжущих (соответствующий уход за свежесформованным бетоном), что обеспечивает требуемую прочность бетона, то при выполнении работ по нанесению строительных растворов таких условий создать не представляется возможным, за исключением некоторых работ, в частности, по устройству наливных полов. Условия твердения строительных растворов очень жесткие, здесь возможно воздействие и инсоляции, вследствие чего происходит быстрое обезвоживание поверхностных слоев раствора; возможно ветровое воздействие, что приводит к обезвоживанию поверхности растворного слоя, а учитывая его тонкий слой – этот факт приводит к нарушению процессов твердения и преждевременному разрушению. Переизбыточное переувлажнение растворного слоя вследствие атмосферных осадков в виде дождя опять же отрицательно отражается на эксплуатационных характеристиках композита.

Выводы. Знание специфики твердения строительных растворов на основе сухих смесей и выполнение комплекса мероприятий по их реализации обеспечат необходимые условия для гидратации, последующего набора прочности, достижения необходимых физико-механических и эксплуатационных показателей раствора и их долговечности.

**Работа выполнена в рамках договора РФФИ №14-41-08002 «Теоретические основы проектирования и создания интеллектуальных композитов заданными свойствами» и г/б НИР №1978 от 31.01.2014 г. «Повышение эффективности производства энергосберегающих, инвестиционно-привлекательных стеновых и отде-*

лочных материалов за счет использования неорганических пластифицирующих систем».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. Стройиздат, 1988. 304 с.
2. Мчедлов-Петросян О.П., Бабушкин В.И. Термохимия и термодинамика негидратированных и гидратированных цементных минералов. Тр. VI Межд. конгресса по химии цемента. Т. II, кн. 1. М.: Стройиздат, 1976. С. 6–16.
3. Пашенко А.А. Теория цемента. / Под ред. А.А. Пашенко. Киев: Будивельник, 1991. 165 с.
4. Тейлор Х. Химия цемента. Мир, 1998. 537 с.
5. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. №3. Ч.2. С. 267–271.
6. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 11. С. 1496–1502.
7. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 53–57.
8. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 462 с.
9. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Яковлев Е.А., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. Шухова. 2009. №1. С. 30–33.
10. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук, 2010. С. 90–94.
11. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.
12. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.

13. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.

14. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 12. С. 948–953.

15. Kuprina A.A., Lesovik V. S., Zagorodnyuk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 816–819.

16. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L. Kh., Volodchenko A. A., Popov D. Y. 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. Р. 1100–1105.

17. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Практическая реализация закона сродства структур при реставрации исторических объектов // Научные технологии и инновации: Сб. докл. Международной научно-практич. конференции, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. Ч.3.С. 242–246.

Zagorodniuk L. H., Lesovik V.S., Voronov V.V., Chulkov I.L., Kuprin A.A., Pavlenko O.A.
FEATURES OF HARDENING OF MORTARS ON THE BASIS OF DRY MIXES

The hardening of the cement stone is a complex phenomenon associated with the complex chemical and physical in nature. It involves chemical reactions of minerals of cement clinker and optional components with water to form new compounds - cement, minerals, physical and chemical interaction of the latter with each other, and in solutions and concrete, and filler, creating a specific spatial structure (structure formation) and fixing of the formed spatial location. Specifics of hardening of mortars on the basis of dry mixes is reflected in three stages, including the features of the conditions of preparation and styling of the solution, characteristics of the formation surface area of the solution with base, features hardening in thin surface layers and features of the conditions of hardening of the composite.

Key words: *specificity of hardening dry mixes, structure formation, the technological aspect of hardening, the law of affinity structures.*

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: LHZ47@mail.ru

Лесовик Валерий Станиславович, член-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: naukavs@mail.ru

Воронов Василий Васильевич, аспирант, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Чулкова Ирина Львовна, доктор технических наук, профессор.

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира 5

Куприна Анна Александровна, кандидат технических наук, начальник лаборатории
ООО «ВНИИСТРОМ-НВ»

Адрес: 140050, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. К. Маркса, 117

Павленко Ольга Александровна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Чернышева Н.В., д-р техн. наук, доц.,
Дребезгова М.Ю., инж.,
Глаголев Е.С., канд. техн., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОНСТРУКЦИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

chernysheva56@rambler.ru

Наиболее трудные, нерешенные задачи совершенствования индустриального строительства, прежде всего самой перспективной формы – объемно-блочного домостроения, скрыты в сфере заводского производства изделий, где традиционно используется медленноотвердевающий портландцементный бетон, а также в сложных методах их перевозки и монтажа. Многие проблемы можно решить путем создания технологий заводского производства строительных изделий с применением экономических, быстротвердеющих, энергоэффективных композитов на основе композиционных гипсовых вяжущих повышенной водостойкости (КГВ).

Ключевые слова: индустриальное строительство, конструкционные изделия, композиционные гипсовые вяжущие, бетонные смеси.

Введение. Потребность в продукции строительства не только остается, но и обостряется со временем, включая необходимость в воспроизводстве жилья, замену ветхого жилого фонда, реконструкцию и модернизацию существующих строений. Решение этой проблемы возможно не только путем наращивания производственных мощностей строительных компаний, а в первую очередь, созданием принципиально новых технологий и материалов.

Для строительной отрасли в последнее время определились такие актуальные проблемы, как недостатки используемых методов повышения энергоэффективности зданий, отсутствие оптимальных решений по ряду технологий строительных материалов, в том числе недоиспользование потенциальных прочностных характеристик минеральных вяжущих веществ и бетонов на их основе, значительные энергетические, трудовые затраты и др. Все это негативно сказывается на итоговых технико-экономических показателях строительства.

Наиболее опробованными и перспективными направлениями для решения обозначенных проблем являются индустриальные строительные технологии. Акт переноса строительных работ в заводские условия позволяет применять новые материалы, технологии, найти иные, более эффективные конструкционные решения, то есть выйти на новый качественный уровень [1, 2].

Индустриализация строительства в наибольшей степени воплощена в полносборных вариантах – крупноблочном, крупнопанельном и объемно-блочном видах домостроения. Объемно-блочное домостроение имеет свою специфику и принципиальные отличия от всех других методов строительства. Сущность

различия заключается в том, что здесь основной монтажной единицей является изготавливаемый в заводских условиях элемент объема здания, а не его плоскостей. Это создает преимущества, выражающиеся в повышении заводской готовности изделий, скорости построечных работ, снижении зависимости от погодных климатических условий и в других параметров метода.

Наиболее трудные нерешенные задачи совершенствования индустриального строительства, прежде всего самой перспективной формы – объемно-блочного домостроения, скрыты в сфере заводского производства изделий, где традиционно используется медленноотвердевающий портландцементный бетон, а также в сложных методах их перевозки и монтажа. Многие проблемы можно решить путем создания технологий заводского производства элементов с применением экономических, быстротвердеющих, энергоэффективных строительных материалов на основе композиционных гипсовых вяжущих повышенной водостойкости (КГВ) [3–12].

Основная часть. Композиционные гипсовые вяжущие, как и портландцементы, обладают способностью к гидравлическому твердению, но скорость схватывания и твердения у них такая же, как у полуводного гипса. Изделия на основе КГВ достигают распалубочной прочности без термообработки. Такие качества исключительно важны в производстве.

Композиты на КГВ экологически чисты и обладают хорошими строительными и эксплуатационными свойствами – качественной поверхностью формируемых изделий, тепло- и звукоизоляцией, водо-, атмосферо-, огне- и биостойкостью, гвоздимостью и т.д.

Исходные сырьевые компоненты для КГВ и бетонов на их основе достаточно широко распространены в природе. Все это позволяет считать материалы на основе КГВ пригодными для применения в качестве быстротвердеющих материалов в производстве базовых объемных и других основных элементов индустриального строительства - шахт-лифтов, вентблоков, сантехкабин и др.

Рациональным способом изготовления сантехкабин является их «литье» из подвижной бетонной смеси на КГВ без заполнителя (или мелкозернистой бетонной смеси на основе КГВ и мелкого заполнителя).

В целях получения подвижных нерасслаивающихся бетонных смесей на КГВ при изготовлении различных строительных изделий и конструкций и в монолитном строительстве для густоармированных или тонкостенных изделий целесообразно применение комплексных химических добавок на основе суперпластификаторов и замедлителей сроков схватывания. Использование таких смесей позволяет сократить время формования, тепловой обработки и сушки, отказаться от вибрирования, увеличить оборачиваемость дорогостоящего формовочного оборудования, что приводит к повышению производительности формовочных линии, сокращению расходов электроэнергии и тепла, улучшению социальных условий труда работающих. Прочность бетона через 25 мин после заливки

подвижной бетонной смеси должна быть не менее 3,5 МПа, после сушки – 7,5...10 МПа.

Проведенные лабораторные исследования показали на возможность получения подвижных бетонных смесей на КГВ с помощью эффективных комплексных добавок, состоящих из суперпластификатора С-3 и замедлителя сроков схватывания ЩСПК.

В исследованиях для формирования сантехкабин применяли подвижную бетонную смесь на водостойком КГВ, отвечающем требованиям действующих нормативных документов и ТУ 21-0284757-90 с минеральной добавкой шамотной пыли.

С целью изучения взаимосвязи между количеством отдельных компонентов в составе КХД, включающей суперпластификатор С-3 и замедлитель сроков схватывания ЩСПК, подвижностью, сроками схватывания и прочностными характеристиками полученного быстротвердеющего композита был запланирован активный 3-х факторный эксперимент.

Для извлечения максимума информации при наименьших затратах на эксперимент и обработку полученных результатов исследований было принято Д – оптимальное планирование типа 2^k , что обеспечило минимальные значения дисперсии при оценке коэффициентов регрессии.

В этом случае взаимосвязь между факторами может быть аппроксимирована моделями в виде полинома второй степени [13, 14]:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_1x_1^2 + b_2x_2^2 + b_3x_3^2, \quad (1)$$

где x_i – независимые переменные, Y – соответствующее свойство бетона.

Определение коэффициентов и их ошибок осуществлялось при помощи бланков – алгоритмов, составленных В.А. Вознесенским [15] для соответствующих планов.

Варьируемыми параметрами приняты: X_1 – В/Вяз отношение; X_2 – содержание добавки ЩСПК в составе комплексной химической добавки (КХД), в % от массы КГВ; X_3 – содержание суперпластификатора С-3.

Изучались: прочности при сжатии затвердевших образцов в различные сроки твердения: через 2 часа – $R_{сж}^2(Y_1)$, в 28 суток – $R_{сж}^{28}(Y_2)$, подвижность – $P(Y_3)$, сроки начала схватывания – $T(Y_4)$.

Задачей оптимизации являлось определение условий приготовления подвижной смеси, с обеспечением максимальной прочности затвердевшего камня при сжатии с определенными ограничениями: для сроков схватывания – $T \geq 15$ мин, для подвижности – $P \geq 180$ мм.

Изучались: прочности при сжатии затвердевших образцов в различные сроки твердения: через 2 часа – $R_{сж}^2(Y_1)$, в 28 суток – $R_{сж}^{28}(Y_2)$, подвижность – $P(Y_3)$, сроки начала схватывания – $T(Y_4)$. В табл.1 представлены значения уровней варьирования независимых переменных факторов.

Изучение прочностных свойств, подвижности и сроков схватывания проводилось на КГВ с шамотной пылью состава 75:15:10 (% по массе, гипсовое вяжущее: портландцемент : шамотная пыль).

Матрица планирования и общие результаты исследования представлены в табл. 2.

Для сравнительной оценки приняты величины рассматриваемых свойств затвердевшего камня на КГВ без добавок, полученных в аналогичных условиях (опыт 0).

Работа выполнялась в соответствии с требованиями теории эксперимента, результаты каждого опыта являлись средними (отклонения от средних величин по Y_1 – 8 %, Y_2 – 5 %, Y_3 – 10 %, Y_4 – 10 %).

$Y_3 - 7\%$) из трех испытаний. Опыты проводились в последовательности, определенной по таблице случайных чисел. Обработка полученных результатов экспериментального исследо-

вания проводилась согласно методике [15]. Значения коэффициентов регрессии получены при $t = 0,05$ (табл. 3).

Таблица 1

Значение уровней переменных факторов

Уровни варьирования	Факторы варьирования		
	В/Вяз X_1	ЩСПК, % X_2	С-3, % X_3
Основной уровень (0)	0,46	0,2	0,2
Интервал варьирования (X)	0,06	0,1	0,1
Верхний уровень (+)	0,52	0,3	0,3
Нижний уровень (-)	0,4	0,1	0,1

Таблица 2

Матрица планирования и экспериментальные значения

№ опытов	Уровни варьирования входных параметров			Прочность при сжатии, МПа через		Подвижность, см	Начало схватывания мин.
	X_1	X_2	X_3	2 ч	28 сут		
1	+	+	+	1,3	1,5	33	24,5
2	-	+	+	3,5	5,3	16	22
3	+	-	+	2,2	3,0	30	10
4	-	-	+	3,8	7,4	14	8,5
5	+	+	-	1,5	2,7	25	25
6	-	+	-	3,0	6,8	13	22,5
7	+	-	-	2,2	4,5	24	10,5
8	-	-	-	3,9	8,6	12	8,5
9	+	0	0	-	2,0	29	25
10	-	0	0	-	8,1	15	22,5
11	0	+	0	-	0,5	19,5	26
12	0	-	0	-	5,4	17	10,5
13	0	0	+	-	4,6	22	14,5
14	0	0	-	-	4,2	16	21
15	0	0	0	1,9	3,4	20	24
16	0	0	0	2,0	3,2	18	23
17	0	0	0	1,8	3,3	19,5	22,5

Таблица 3

Коэффициенты уравнений регрессии

Условные обозначения коэффициентов регрессии	Численные значения коэффициентов регрессии для:			
	$R_{сж}$ 2 часа	$R_{сж}$ 28 сут	подвижности	начала сроков схватывания
b_0	26,75	135,6	19,1	22,5
b_1	-8,75	-22,5	7,1	1,1
b_2	-3,5	-12,1	0,95	7,2
b_3	0,25	-5	2,5	-0,8
b_{12}	-0,5	0,75	0,125	0,187
b_{13}	-0,75	-	1,125	-0,06
b_{23}	0,5	-	0,375	-0,06
b_{11}	-	11,7	2,84	1,7
b_{22}	-	-6,3	-0,91	-3,8
b_{33}	-	8,2	-0,16	-4,3
$(b_0)_{кр}$	1,84	0,9	0,6	0,645
$(b_i)_{кр}$	1,36	0,64	0,45	0,47
$(b_{ij})_{кр}$	1,52	0,73	0,5	0,53
$(b_{ii})_{кр}$	2,62	1,23	0,87	0,9

Для определения дисперсии воспроизводимости проведено трехкратное повторение экспериментов при значениях входных параметров на нулевых уровнях. Однородность дисперсии проверялась по критерию Кохрена. Проверка адекватности моделей осуществлялась по критерию Фишера. Статистическую значимость полученных коэффициентов регрессии проверяли по критерию Стьюдента для 5 % уровня значимости при числе степеней свободы, $f_{\bar{y}} = n_0 - 1$, где n_0 – число опытов в нулевой точке.

Значения коэффициентов при независимых переменных в уравнении указывают на величину влияния изучаемых факторов. Зависимость – прямо пропорциональная. Полный эксперимент позволяет также количественно оценить и эффекты парного взаимодействия X_1, X_2, X_3 . Были получены функциональные зависимости для Y_1, Y_2, Y_3 .

Взаимосвязь исследуемых факторов с прочностью при сжатии (кгс/см^2) затвердевших образцов через 2 часа после изготовления описывается уравнением:

$$Y_1 = R_{\text{сж}} = 26,75 - 8,75X_1 - 3,5X_2 \quad (14)$$

Знаки коэффициентов регрессии свидетельствуют, что уменьшение X_1 (В/Вяз отношения) и X_2 (ЩСПК, %) от основного до нижнего уров-

ня их варьирования увеличивает Y_1 (прочность при сжатии через 2 часа). Для получения более полной наглядности влияния факторов на $R_{\text{сж}}$ через 2 часа применен метод сечения поверхности отклика плоскостью. Параллельные линии соответствуют поверхности отклика, представляющей собой стационарное возвышение (рис. 1).

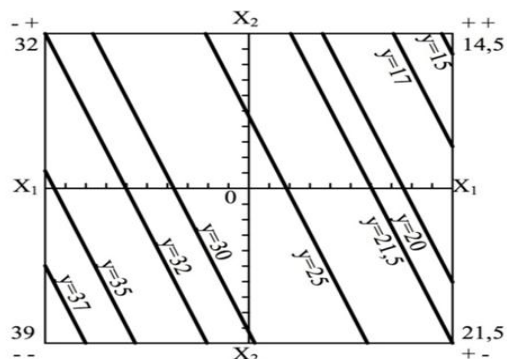


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии через 2 часа (Y_1) от В/Вяз отношения (X_1) и количества добавки ЩСПК (X_2)

Геометрическая интерпретация полиномиальной модели для Y_2 ($R_{\text{сж}}^{28}$) приведена на рисунке 2 при фиксировании на постоянном уровне 2-х факторов.

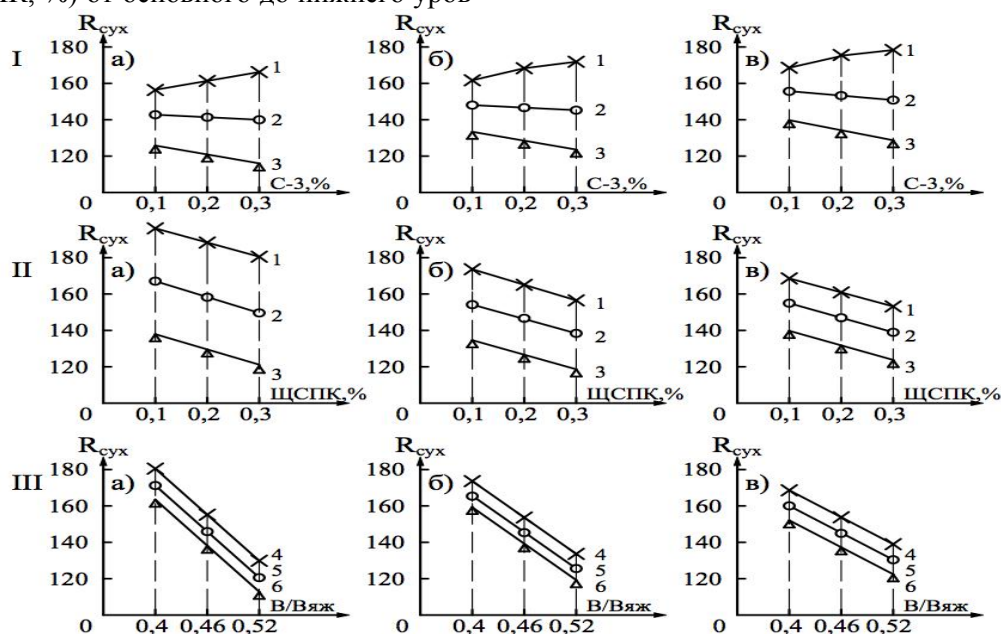


Рис. 2. Изменение прочности при сжатии образцов затвердевшего КГВ через 28 суток нормального твердения в зависимости от В/Вяз отношения и содержания добавок ЩСПК и С-3.

1,2,3 – В/Вяз = 0,4; 0,46; 0,52, соответственно; 4,5,6 – количество ЩСПК – 0,1; 0,2; 0,3 %, соответственно.

I – концентрация ЩСПК – постоянная; а – содержание ЩСПК – 0,3%; б – 0,2%; в – 0,1%;

II, III – концентрация С-3 – постоянная; а – содержание С-3 – 0,3%; б – 0,2%; в – 0,1%

Анализируя уравнение и графики следует отметить, что наиболее значительное влияние на прочность образцов в 28 суточном возрасте оказывает изменение В/Вяз отношения ($B_1^{\text{отн}} =$

16,6 %) и количество добавки ЩСПК в составе комплексной химической добавки (КХД) ($B_2^{\text{отн}} = 8,9\%$). Наибольшее значение прочностных показателей, равное 18,6 МПа наблюдается

при $V/Вяж = 0,4$, содержании ЦСПК–0,1 %, С-3 – 0,1 %. Увеличение $V/Вяж$ отношения и количества ЦСПК в КХД, приводят к снижению прочности затвердевшего камня. С увеличением

количества добавки С-3 в составе КХД прочность образцов увеличивается.

Подвижность бетонной смеси описывается уравнением (см):

$$Y_3 = P = 19.1 + 7.1X_1 + 0.95X_2 + 2.5X_3 + 2.84X_1^2 - 0.91X_2^2 + 1.125X_1X_3 \quad (16)$$

В рассматриваемой области варьирования (рис. 3) X_1 , X_2 и X_3 подвижность гипсоцементного теста повышается с увеличением $V/Вяж$ отношения (X_1) и количества вводимой добавки С-

3 (X_3) от нулевого до верхнего уровня при фиксированных значениях остальных параметров на нулевом уровне.

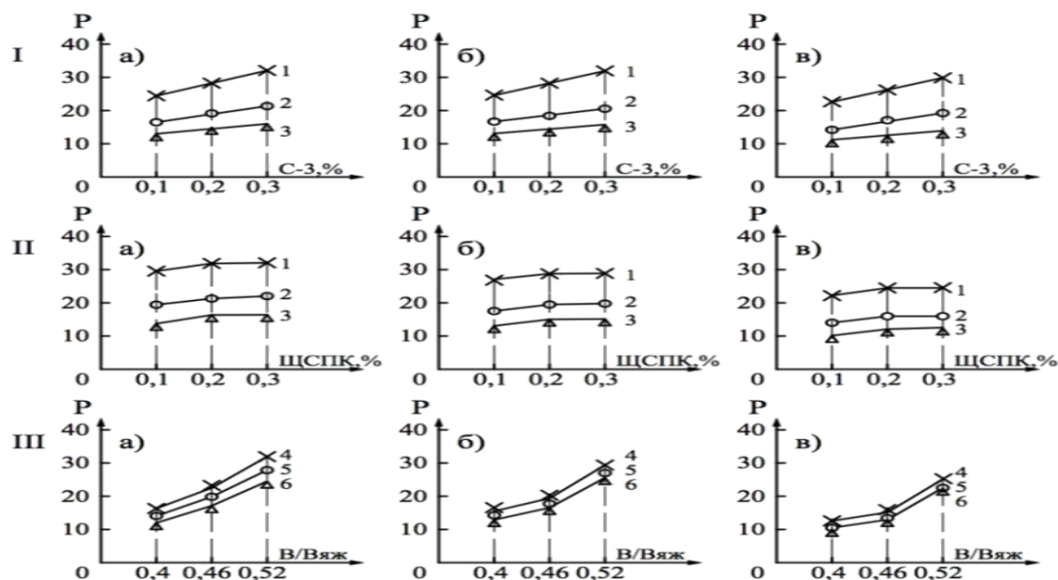


Рис. 3. Изменение подвижности теста на КГВ в зависимости от $V/Вяж$ и содержания добавок ЦСПК и С-3 (обозначения как на рисунке 2)

Влияние $V/Вяж$ отношения на рассматриваемое свойство наиболее существенно по сравнению с другими факторами, о чем свидетельствует величина коэффициента регрессии при X_1 и X_1^2 . Максимальное значение подвижности достигается при $X_1 = +1(0,52)$.

Экстремум $Y_3 = f(X_1, X_2, X_3)$ составляет 33 см при $X_1 = 0,52$, $X_2 = 0,3$, $X_3 = 0,3$.

Взаимосвязь исследуемых факторов со сроками схватывания КГВ теста описывается уравнением:

$$Y_4 = T = 22.5 + 1.1X_1 + 7.2X_2 - 0.8X_3 + 1.7X_1^2 - 3.8X_2^2 - 4.3X_3^2 \quad (17)$$

Из уравнения видно, что наиболее значительное влияние на сроки схватывания бетонной смеси оказывает количество добавки ЦСПК в

составе КХД. С увеличением ее количества сроки схватывания увеличиваются (рис. 4).

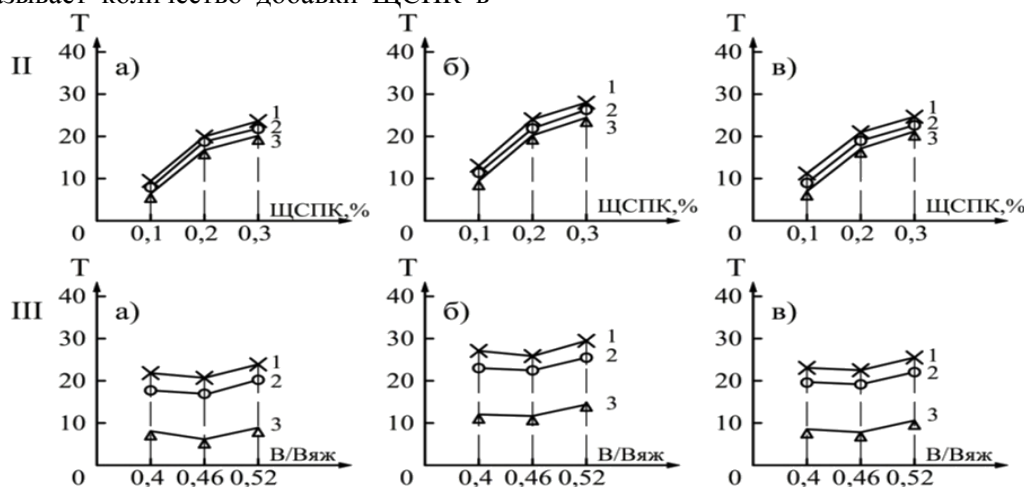


Рис. 4. Изменение начала схватывания теста на КГВ в зависимости от $V/Вяж$ и содержания добавки ЦСПК (обозначения как на рисунке 2)

Использование результатов испытаний и уравнений позволяет находить оптимальные количества добавок в зависимости от требований к гипсоцементным смесям.

В работе исследовали влияние химических добавок на водостойкость бетонов на КГВ без

заполнителя во времени, характеризующие их долговечность. Исследования проводились в течение 2,5 лет.

Составы бетонов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Составы бетона на КГВ без заполнителя

№ п/п	Обозначение серии образцов	Расход материалов, кг/м ³				В/Вяз	Расплав (по Сутторду), мм	Средняя плотность смеси, кг/м ³
		КГВ	Вода	ЩСПК	С-3			
1	Г	1192	560	-	-	0,47	180	1752
2	КГВ -1	1189	535	0,59	-	0,45	120	1724
3	КГВ -1 _д	1272	518	1,3	3,8	0,40	120	1795
4	КГВ -2	1217	548	0,5	-	0,45	120	1765
5	КГВ -2 ^л	1114	556	-	-	0,50	180	1671
6	КГВ -2 ^л _д	1170	538	1,2	3,5	0,46	180	1713

Примечание: Г – гипсовое вяжущее, Г-5 А II; 1 – КГВ состава 70:15:15; 2 – КГВ состава 75:15:10; индекс «л» – литая смесь (расплав по Суттарду 180 мм); индекс «д» – с комплексной химической добавкой, содержание которой дано в расчете на сухое вещество добавки; индекс «Е» – воздушно-сухие условия твердения, «В» – в воде.

Снижение прочности бетона в случае водонасыщения конструкции оценивали величиной коэффициента размягчения (табл. 5).

Таблица 5

Показатели свойств бетонов на КГВ без заполнителя при длительном твердении на воздухе и в воде

№ п/п	Обозначение составов	Предел прочности при сжатии, МПа				Коэффициент размягчения, в сроки			
		Средняя плотность, кг/м ³ в сроки							
		28	180	360		28	180	360	2,5 года
1	1Е	<u>18,0</u> 1450	<u>17,6</u> 1430	<u>18,5</u> 1420	<u>18,9</u> 1420	0,6	0,62	0,63	0,64
2	1В	<u>14,5</u> 1730	<u>14,8</u> 1780	<u>15,0</u> 1790	<u>15,2</u> 1795	-	-	-	-
3	1Е _д	<u>19,3</u> 1475	<u>21,5</u> 1450	<u>22,8</u> 1450	-	0,63	0,64	0,65	0,67
4	1В _д	<u>15,1</u> 1770	<u>16,3</u> 1790	<u>16,9</u> 1790	-	-	-	-	-
5	2Е ^л	<u>15,8</u> 1310	<u>14,8</u> 1290	<u>16,0</u> 1280	-	0,52	0,53	0,53	-
6	2В ^л	<u>8,2</u> 1620	<u>8,5</u> 1680	<u>8,8</u> 1690	-	-	-	-	-
7	2Е ^л _д	<u>17,5</u> 1370	<u>18,2</u> 1380	<u>20,3</u> 1360	-	0,54	0,56	0,57	-
8	2В ^л _д	<u>11,3</u> 1680	<u>11,5</u> 1680	<u>11,6</u> 1690	-	-	-	-	-

В результате проведенных испытаний установлено, что при твердении в воде предел прочности при сжатии и коэффициенты размягчения образцов КГВ бетонов без заполнителя со временем возрастают. У образцов бетонов с химическими добавками значения предела прочности

при сжатии и коэффициента размягчения выше, чем у бездобавочных.

С целью проверки проведенных исследований и подтверждения сделанных при этом выводов на Новомосковском гипсовом комбинате была выпущена опытная партия санитарно-

технических кабин на основе КГВ (10 штук) с применением комплексной добавки суперпластификатора С-3 и замедлителя ЩСПК. За эталон для сравнения были приняты аналогичные

сантехкабины при изготовлении их без химических добавок по литьевой технологии в то же самое время (рис. 5).

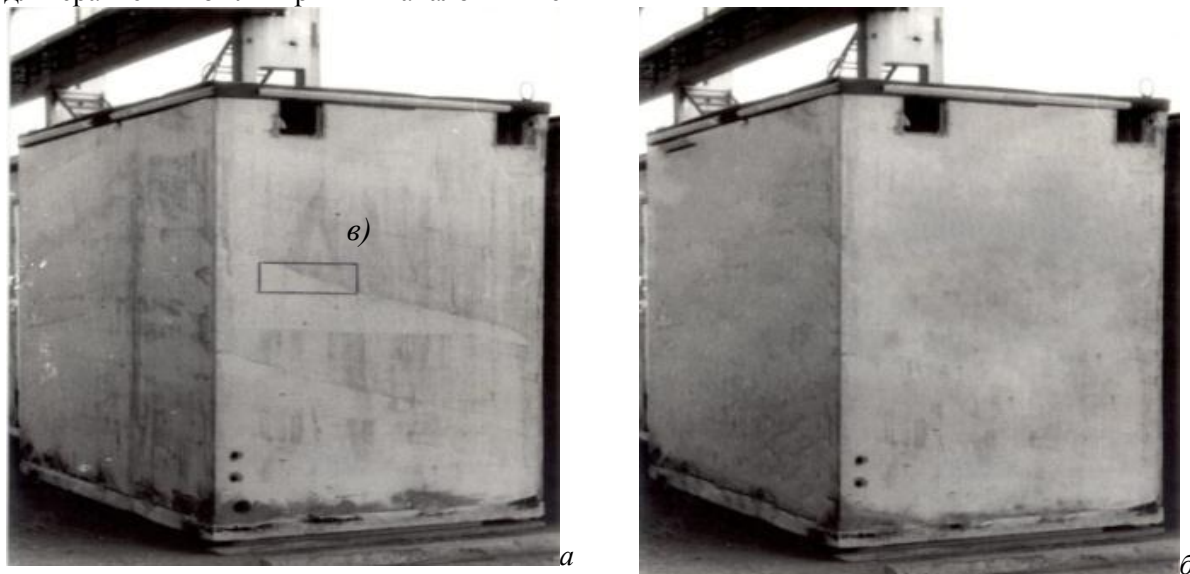


Рис. 5. Сантехкабины, изготовленные на Новомосковском гипсовом комбинате:
а – без использования химических добавок; б – с химическими добавками; в – трещина

В процессе формования фиксировали сроки схватывания, а также по изменению средней плотности смеси, ее однородность. Одновременно с партией изделий были изготовлены образцы-кубы, твердевшие вместе с изделиями и высушенные до постоянной массы, по которым наблюдали за влажностью и изменением прочности образцов с добавкой и без нее.

Заводские испытания показали следующие результаты:

- применение комплексной химической добавки позволило на 30 % снизить начальную влажность бетона, т.е. с 37 до 25,6 %;
- водопоглощение образцов с КХД было на 18 % меньше, чем у контрольных;
- регулирование сроков схватывания и формуетности бетона на КГВ позволило избежать расслоений бетона по высоте изделий;
- повысилась прочность через 2 часа и 1 сутки на 30 %, через 28 суток и в сухом состоянии на 35 %. На готовых изделиях полностью отсутствовали трещины.

Таким образом, результаты проведенных испытаний подтверждают возможность применения при производстве базовых объемных и других основных элементов промышленного строительства (шахт-лифтов, вентиляционных, сантехкабин и др.) КГВ бетона без заполнителя в качестве быстротвердеющих материалов. Получены конструкционные изделия (сантехкабины) из подвижных бетонных смесей на КГВ без заполнителя для промышленного строительства классов по прочности В5-В15 повышенной во-

достойности (K_p = Модифицирующее действие минеральной и комплексной химической добавок (шамотная пыль + С-3 + ЩСПК) на структуру КГВ камня позволяет на 30 % повысить раннюю и на 35–40 % прочность бетона в возрасте 28 суток, снизить начальную влажность на 25 %, а также повысить качество бетона за счет повышения плотности и оптимизации структуры пор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шамис Е.Е. Строительство XXI – инновационные идеи совершенствования промышленных методов: монография // Технический университет Молдовы, 2010. 262 с.
2. Шамис, Е.Е. Состояние, проблемы и направления развития домостроительного бизнеса // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 90–91.
3. Волженский А.В. Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-песчаные вяжущие, бетоны и изделия. М., 1971. 318 с.
4. Ферронская А.В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона. М., 2006. 336 с.
5. Ферронская А.Ф. Гипс в малоэтажном строительстве. М.: Изд. АСВ, 2008. 240 с.
6. Коровяков, В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 65–67 с.
7. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И. Состояние и тенденции развития промышленности гипсо-

вых строительных материалов // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 44–46.

8. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Изд. АСВ, 2006. 526 с.

9. Чернышева Н.В. Стеновые материалы повышенной водостойкости на композиционном гипсовом вяжущем // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С. 57–60.

10. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. Стеновые материалы на композиционном гипсовом вяжущем для малоэтажного строительства // Сухие строительные смеси. 2015. № 3. С. 19–21.

11. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного

сырья: монография. г. Белгород: Изд. БГТУ, 2015. 321 с.

12. Гончаров Ю.А., Дубровина Г.Г., Губская А.Г., Бурьянов А.Ф. Гипсовые материалы и изделия нового поколения. Оценка энергоэффективности. Минск: Колорград, 2016. 336 с.

13. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М.: Финансы и статистика, 1981. 263 с.

14. Налимов В.В. Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 398 с.

15. Вознесенский В.А. Математическая теория эксперимента и управления количеством композиционных материалов. Киев: Знание, УССР, 1979. 27 с.

Chernysheva N.V., Drebezgova M.Y., Glagolev E.S.

CONSTRUCTION PRODUCTS FOR COMPOSITE GYPSUM BINDERS FOR INDUSTRIAL BUILDING

The most difficult, unsolved problems of perfection of industrial construction, primarily the most promising form - a body-block housing, hidden in factory production of products, which is traditionally used medlen-notverdeyuschy Portland cement concrete, as well as sophisticated methods of transportation and installation. Many problems can be solved through the establishment of factory production of building products using efficient technologies, of fast, energy-efficient composites based composite gypsum binders increased water resistance (GFP).

Key words: industrial construction, construction products, composite gypsum binders, concrete mixtures.

Чернышева Наталья Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: chernysheva56@rambler.ru

Дребезгова Мария Юрьевна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: mdrebezgova@mail.ru

Глаголев Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,
Сопин Д.М., канд. техн. наук,
Митрохин А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КРУПНОПОРИСТЫЙ БЕТОН ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

beton138@mail.ru

В последнее время строители стали проявлять больший интерес к традиционным материалам, используемым для теплозащиты ограждающих конструкций, таким как крупнопористый керамзитобетон, которые хотя и не имеют очень высоких теплофизических показателей, но, как показывает практика строительства и эксплуатации зданий, успешно сохраняют свои свойства в течение длительного времени. Целесообразно использование техногенных песков в качестве компонентов композиционных вяжущих. Управляемый состав новообразований цементного камня, характеристики микроструктуры и пористости, полиминеральный состав техногенных песков с шероховатой поверхностью позволяют синтезировать на их основе композиционные вяжущие с высокими эксплуатационными характеристиками. В качестве минеральных добавок цементных композиций могут быть использованы вещества природного или искусственного происхождения, а также техногенные продукты.

Ключевые слова: крупнопористый бетон, композиционные вяжущие, техногенное сырье, отходы мокрой магнитной сепарации, отсеб дробления кварцитопесчаника.

Основной проблемой широкого освоения производства крупнопористого бетона является отсутствие до последнего времени простой и надежной технологии приготовления бетонных смесей крупнопористого бетона.

Развитие технологии бетона привлекало внимание исследователей в попытках получения крупнопористых легких бетонов с новыми полезными строительно-техническими свойствами, и прежде всего способностью таких бетонов к фильтрации воды, открывающей перспективы применения их в гидротехническом, дорожном строительстве и создании дренажных систем, а также решения проблем укрепления берегов и откосов, разрушаемых выходом грунтовых вод.

Большое внимание было уделено проблеме получения легких крупнопористых бетонов, предложены технологические решения для их производства и разработавших установку для производства беспесчаных крупнопористых бетонов на зернах крупного легкого тяжелого заполнителя.

Крупнопористые бетоны – это строительные изделия и конструкции, полученные всего из двух компонентов: зерен крупного тяжелого или легкого заполнителя и вяжущего, в наиболее часто применяемом варианте – портландцемента.

Исследования показали, что кладка из крупнопористых керамзитобетонных камней обладает деформационно-прочностными и физико-техническими показателями, позволяющими использовать этот материал для возведения

следующих видов конструкций: наружных и внутренних несущих; стен домов малой этажности; наружных поэтажно опертых; стен каркасных зданий; стен цоколя и подвала; межквартирных и межкомнатных перегородок; перегородок санузлов и технических помещений.

Возможность такого широкого спектра применения обусловлена достаточными деформационно-прочностными, теплотехническими и звукоизолирующими показателями, а также высокой огнестойкостью. В качестве дополнительной, или резервной, области применения камней из крупнопористого керамзитобетона следует считать сборно-монолитные перекрытия зданий малой этажности.

В то же время невысокая сорбционная влажность крупнопористого делает изделия из него незаменимыми для возведения стен и перегородок в помещениях с высокой влажностью. При проектировании и строительстве зданий с использованием камней из крупнопористого керамзитобетона необходимо также учитывать особенность этого материала, заключающуюся в его очень низком водопоглощении.

Теплоизоляционный крупнопористый керамзитобетон рекомендуется применять в качестве внутреннего утепляющего слоя при возведении монолитных стен зданий из тяжелого бетона скользящей опалубке. Конструкционно-теплоизоляционный крупнопористый бетон на пористых или плотных заполнителях рекомендуется применять при возведении монолитных стен малоэтажных и многоэтажных зданий в

переставной опалубке. Поверхность таких стен должна быть оштукатурена. Фильтрационный крупнопористый бетон (преимущественно на плотных заполнителях) рекомендуется применять для:

-устройства монолитных дренирующих оснований, горизонтальных и вертикальных дренирующих слоев подземных сооружений;

-устройства подпорных стен: крепления фильтрующих откосов каналов, дренажа плотин, водозаборных устройств и водоочистных фильтров производства сборных фильтрующих элементов того же назначения в виде плит, призм и труб (трубофильтров), используемых в гидротехническом, мелиоративном, дорожном строительстве и коммунальном хозяйстве.

Крупнопористый бетон на пористых заполнителях можно применять для производства сборных фильтрующих элементов с целью снижения их массы, облегчения транспортирования и монтажа, рекомендуется также в качестве волногасящего и звукопоглощающего материала, обеспечивающего эффективное звукопоглощение в широком спектре частот.

В последние годы опыт исследования и применения крупнопористого бетона обогатился новыми достижениями. Крупнопористый бетон на плотных и пористых заполнителях используется в производстве сборных и монолитных конструкций зданий и сооружений в различных областях строительства.

Результаты исследований крупнопористого бетона позволили найти закономерности формирования его основных свойств и пути их улучшения. Совершенствование технологии приготовления такого бетона открывает возможности повышения его однородности, эксплуатационной надежности и технико-экономической эффективности.

Крупнопористый бетон применяют в производстве сборных и монолитных конструкций для зданий и сооружений промышленного, гражданского, жилищного, сельскохозяйственного, гидротехнического, дорожного, мелиоративного и водохозяйственного строительства.

Рекомендуется использовать, как правило, в неармированных элементах конструкций. Свойства крупнопористого бетона должны отвечать требованиям рабочих чертежей, государственных стандартов или технических условий на изготовление изделий и конструкций. Требуемые свойства обеспечиваются выбором соответствующих материалов и оптимизацией технологии по критерию наибольшей технико-экономической эффективности.

Он имеет многочисленные характеристики, которые делают его незаменимым в определен-

ных сферах. Для изготовления состава применяется ряд стандартных компонентов. Сюда относятся гравий или щебень в качестве заполнителя, что зависит от параметров, которые требуется получить в процессе строительства. При этом, данный материал может быть тяжёлым или же пористым с относительно небольшим весом. В качестве вяжущего вещества применяется цемент, содержание которого регулируется согласно области применения. Основной отличительной характеристикой крупнопористых бетонов считается гранулированный тип заполнителя. Дополнительно, все зёрна должны обладать примерно одинаковыми размерами. Крупнопористые бетоны с элементами заполнителя разных размеров обладают различной прочностью на различных участках. Это должно быть учтено, иначе присутствует возможность возникновения разрушения или любых других негативных факторов. Отличительной особенностью является тот факт, что применяется особая технология смешивания бетона. Нет необходимости использовать такое количество вяжущего состава, которое слепит все зёрна. Достаточно соединения их только в ключевых точках. Такой тип крупнопористых бетонов вполне может быть использован в тех случаях, когда требуется обеспечить строительство различных объектов с относительно высокой степенью нагрузки. Материал имеет все необходимые показатели для того, чтобы использоваться в качестве элементов внешних несущих стен.

В условиях постоянно возрастающего топливно-энергетического кризиса в нашей стране становится актуальным снижение топливоемкости строительных материалов. Для получения высококачественных крупнопористых бетонов и повышения эффективности использования цемента в различных композициях, целесообразно использовать композиционные вяжущие вещества. Одним из реальных и доступных приемов решения этой сложной задачи является широкое использование при получении вяжущих с использованием техногенного сырья. В последнее десятилетие XX века активно проводились работы по созданию дешевых вяжущих с использованием многотоннажных промышленных отходов [1–30].

На сегодняшний день наиболее распространенным техногенным сырьем в Белгородской области являются отсеvy дробления кварцито-песчаника и отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов [10, 18, 24, 30]. В связи с чем целесообразно их использование в качестве кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих.

Результаты определения физико-механических свойств вяжущих без добавления добавки суперпластификатора и с оптимальными дозировками приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства вяжущих без добавления добавки суперпластификатора и с оптимальными дозировками

Вид вяжущего	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания, мин		Прочность вяжущего, МПа	
		начало	конец	на изгиб	на сжатие
ЦЕМ I 42,5Н	25,1	2-30	3-40	7,5	50,7
ТМЦ-50 (ММС)	25,8	2-30	4-20	6,5	42,8
ТМЦ-50 (КВП)	26,2	2-20	4-30	6,7	43,7
ВНВ-50 (ММС)	24,1	2-10	4-10	8,4	51,6
ВНВ-50 (КВП)	23,2	2-10	4-00	8,6	52,1

В результате проведенных исследований и анализа полученных данных установлено, что при замене 50% клинкерной составляющей композиционные вяжущие имеют прочностные характеристики сопоставимые с исходным портландцементом. Это объясняется более низким значением водопотребности смеси, а также лучшей пространственной упаковкой частиц в полученном композите.

Большое значение при изучении свойств крупнопористого бетона имеет коэффициент теплопроводности, который, как известно, зависит в основном от его плотности и влажности. Кроме того, на теплопроводность оказывает существенное влияние размер и распределение

пор, химический состав заполнителей бетона и их структура.

В крупнопористом беспесчаном керамзитобетоне относительная доля растворной части существенно уменьшается и воздух заполняет пространство между гранулами.

Сущность метода заключается в создании теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшим граням плоского образца определенной толщины, измерении плотности стационарного теплового потока и температур на противоположных гранях образца. Измерения коэффициента теплопроводности образцов проводились в сухом состоянии (табл. 2).

Таблица 2

Результаты определения теплопроводности крупнопористого керамзитобетона

Вид вяжущего	Вяжущее, кг/м ³	Керамзит, кг/м ³	Вода, л/м ³	Плотность, ρ, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
ЦЕМ I 42,5Н	200	400	110	600	0,169
ТМЦ-50 (ММС)	200	400	120	600	0,165
ТМЦ-50 (КВП)	200	400	120	600	0,164
ВНВ-50 (ММС)	200	400	100	600	0,163
ВНВ-50 (КВП)	200	400	100	600	0,161

Из представленных данных можно сделать вывод о том, что значения коэффициента теплопроводности крупнопористого беспесчаного керамзитобетона оказались существенно ниже значений для керамзитобетона плотностью 400 кг/м³, что свидетельствует о его эффективности.

Испытания на прочность крупнопористого беспесчаного керамзитобетона показали следующие результаты (табл. 3).

Установлено, что прочностные и деформативные свойства крупнопористого бетона с применением композиционных вяжущих сопоставимы с бетоном контрольного состава на обычном портландцементе, при меньшем расходе клинкерной составляющей, что можно объяснить высокими характеристиками самого вяжущего низкой водопотребности, его высокой дисперсности, низкой водопотребности, высокой активности, за счет чего улучшается состояние контактной зоны на границе раздела це-

ментный камень – заполнитель, а также состав и структура новообразований в этой зоне.

Таким образом, анализ представленных выше результатов испытаний крупнопористого беспесчаного керамзитобетона показывает, что

их можно рекомендовать для практического применения в несущих стенах малоэтажных зданий (до 3-х этажей), а также в самонесущих стенах многоэтажных монолитно-каркасных зданий.

Таблица 3

Результаты определения прочности крупнопористого керамзитобетона

Вид вяжущего	Вяжущее, кг/м ³	Керамзит, кг/м ³	Вода, л/м ³	Плотность, ρ, кг/м ³	Прочность при сжатии R, МПа
ЦЕМ I 42,5Н	200	400	110	600	1,0
ТМЦ-50 (ММС)	200	400	120	600	0,86
ТМЦ-50 (КВП)	200	400	120	600	0,85
ВНВ-50 (ММС)	200	400	100	600	1,1
ВНВ-50 (КВП)	200	400	100	600	1,2

Совмещение конструктивных и теплозащитных функций крупнопористого керамзитобетона позволяет отказаться от устройства специальной теплоизоляции. Это позволяет в значительной степени снизить стоимость строительных конструкций, значительно повысить их долговечность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Ильинская Г.Г. Базальтовое волокно как армирующий материал для сухих строительных смесей // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С. 190–192.

2. Фаизов Р.С., Тимохин А.М., Ильинская Г.Г., Толмачева М.М. Синергетическое действие компонентов вяжущего // Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 682–685.

3. Калатоzi В.В., Ильинская Г.Г., Никифорова Н.А. Композиционные вяжущие на основе алюмосиликатного сырья // Инновационная наука. 2016. № 2-3 (14). С. 91–94.

4. Lessowik W.S., Potapow W.W., Alfimowa N.I., Elistratkin M.J., Wolodchenko A.A. Nanodisperse modifiers for building material engineering В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 487–493.

5. Lessowik W.S., Sagorodnjuk L.H., Pilskaya G.G., Kuprina A.A. Das gesetz uber die verwandtschaft von strukturen als theoretische grundlage fur die projektierung von trockenmischungen // 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1465–1470.

6. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken, 2015. 75 с.

7. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих. В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 384–390.

8. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using composite tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (10). Pp. 1286–1290.

9. Ageeva M.S., Sopin D.M., Lesovik G.A., Metrohin A.A., Kalashnikov N.V., Bogusevich V.A. The modified composite slag-cement binder // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. T. 9. № 8. С. 1381–1385.

10. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре //

Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.

11. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP. 2013. 127 с.

12. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99.

13. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.

14. 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.

15. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Advances in Environmental Biology. 2014. Т. 8. № 13. С. 134–138.

16. Alfimova N.I., Lesovik V. S., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9. (11). P. 745–748.

17. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Научные технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.

18. Шейченко М.С., Алфимова Н.И., Попов М.А., Калатоци В.В. Мелкоштучные изделия на основе композиционных вяжущих с использованием отходов ковдорского месторождения // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 302–305.

19. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Научные технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.

20. Кара К.А., Шорстов Р.А., Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Научные технологии инновации» XXI научные чтения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.

21. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. №2. С. 32–33.

22. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.

23. Lesovik R.V., Nosova A.N., Savin A.V., Fomina E.V. Assessment of the suitability of the opal-cristoballite rocks of korkinsk deposit in the construction industry // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 29. № 12. С. 1600–1604.

24. Ключе С.В., Лесовик Р.В., Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.

25. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 133 с.

26. Lesovik R.V., Leshchev S.I., Ageeva M.S., Karatsupa S.V., Alfimova N.I. The use of zeolite for the production of tripoli composite binders // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2015. Т. 10. №24. С. 44889–44895

27. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Savin A.V., Ginzburg A.V., Shapovalov N.N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 12. С. 1691–1695.

28. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов*// Региональная архитектура и строительство. 2008. № 2. С. 10–15.

29. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 11. С. 46–49.

30. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках.. Дисс. докт. техн. наук. Белгород, 2009. 463 с.

Lesovik R.V., Sopin D.M., Mitrokhin A.A.**MASS CONCRETE FOR LOW-RISE CONSTRUCTION BASED ON COMPOSITE BINDERS**

Recently the construction specialists have become more interested in traditional materials used for thermal protection of external envelope structures, such as coarse-pore expanded clay concrete, although not having very high thermal performance. However, as the practice of construction and service of buildings shows, they successfully maintain their properties for a long period of time. It is advisable to use technogenic sand as components of composite binders. Special purpose composition of cement stone newgrowths, microstructure and porosity characteristics, polymineral composition of technogenic sand with a rough surface make it possible to synthesize high performance composite binders based on them. As mineral admixtures for cement compositions it is possible to use substances of natural or synthetic origin, as well as technogenic products.

Key words: mass concrete, composite binders, technogenic raw materials, wet magnetic separation, crushing screenings of quartzitic sandstone.

Лесовик Руслан Валерьевич, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Сопин Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук.

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

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

E-mail: beton138@mail.ru

Митрохин Александр Александрович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Шарапов О.Н., аспирант,
Богачева М.А., магистрант,
Косухин А.М., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, МОДЕРНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА*

mkosuhin@mail.ru

Произведен сравнительный анализ современного состояния жилищного фонда страны, его количественные и качественные показатели с целью выявления потенциала повышения энергоэффективности многоквартирных домов. Выявлено, что одной из основных проблем энергосбережения является высокая потребность и низкое качество капитального ремонта жилищного фонда. В этой связи, требуется разработка новых организационно-технологических подходов в управлении многоквартирным жилищным фондом с учетом требований энергетической эффективности. Установлена необходимость формирования комплексного подхода при планировании и проведении мероприятий по повышению энергоэффективности. Определены показатели и факторы энергоресурсосбережения. Выявлено существование различных подходов к определению направлений энергосбережения, а также отсутствие четкого понимания данной категории. Выявлено, что нормативно-правовая база в области энергосбережения не устанавливает обязательного перечня видов работ по повышению энергоэффективности и не предусматривает оценку эффективности их применения при капитальном ремонте жилых многоквартирных домов. Доказано, что для реализации Федерального закона № 261-ФЗ необходимо создание комплексной программы по восстановлению жилищного фонда и повышению его энергоэффективности. Установлено, что потенциал энергосбережения в жилищном фонде составляет 26 % от всего объема потребления энергетических ресурсов в России.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергоресурсосбережение, жилищный фонд, капитальный ремонт, управление многоквартирным жилищным фондом, мероприятия по повышению энергетической эффективности, нормативно-правовая база в области энергосбережения, потенциал энергосбережения.

Введение. Современное положение в сфере экономики жилищно-коммунального хозяйства требует разрешения серьезных проблем, сопряженных со стратегией устойчивого функционирования и развития жилищного фонда.

Сохранение природных ресурсов и благоприятного климата на планете для будущих поколений может быть достигнуто путем разрешения противоречий между стремлением к устойчивому экономическому положению и сохранением здоровой экологической обстановки [1, 2]. Экономия энергетических ресурсов способствует улучшению экологической ситуации, поэтому энергосбережение играет большую роль при становлении на путь устойчивого развития.

В Российской Федерации концепция устойчивого развития поддержана указом Президента РФ от 4.02.1994 № 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» [3].

«Стратегия развития жилищного строительства в Белгородской области на период до 2020

года» [4] определяет следующие приоритетные задачи:

- использование программных методов решения стратегических задач;
- обеспечение соответствия объема комфортного жилищного фонда потребностям населения и формирование комфортной городской среды и среды сельских поселений;
- переход к современным энергосберегающим архитектурно-строительным решениям и формирование эффективного рынка строительной индустрии;
- содействие внедрению новых современных, энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий в жилищное строительство и производство строительных материалов, используемых в жилищном строительстве.

Благосостояние и устойчивое развитие субъектов и муниципальных образований, в первую очередь, зависят от их экономического состояния, которое в значительной степени определяется расходами на энергоресурсы и качеством энергообеспечения. По данным обследований, проведенных в ряде регионов России,

резервы экономии в системах жилищно-коммунальных услуг муниципальной энергетики оцениваются в 15–30 % действующих затрат на энергообеспечение, и большая часть из них находится в жилых зданиях [5].

Концепция устойчивого функционирования и развития должна базироваться на системном подходе к управлению техническим и энергетическим состоянием жилищного фонда и реализации стратегии отдельно для городов и сельских поселений.

Функционирование и развитие любой отрасли народного хозяйства связано с потреблением тепловой энергии, источником которой являются топливно-энергетические ресурсы. С развитием производства проблемы взаимоотношений общества с окружающей средой и истощение природных ресурсов становятся все более актуальными. Это обуславливает необходимость проведения политики рационального энергопользования, реализуемой через систему правовых, организационных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов во всех отраслях экономики.

Энергоресурсосбережение – крайне сложный и многоплановый вопрос, решение которого подразумевает рассмотрение целой системы правовых, организационных, научно-исследовательских, производственных, технических и экономических задач. Кроме того, многоплановость энергосбережения вызывает необходимость применения совокупности различных показателей, характеризующих степень экономии энергоресурсов в той или иной сфере деятельности.

Жилищный сектор занимает второе место в России по величине конечного потребления энергии после обрабатывающей промышленности. Добиться снижения количества ресурсов, идущих на эксплуатацию зданий, можно только при применении комплексного подхода к повышению энергоэффективности с учетом архитектурно-планировочных, организационно-технологических и конструктивных решений. Каждое из этих направлений и их совокупность имеют ряд преимуществ, эффективность которых зависит от множества факторов (социальных, экономических, климатических и т.д.). Главной задачей в настоящее время является оптимизация этих решений. Глубокая проработка механизмов организационно-технологического обеспечения программ энергосбережения в жилищном фонде до настоящего времени не проводилась. Однако решение этого вопроса имеет важное значение как для практической реализации, так и для выполнения по-

ставленных органами власти задач по повышению энергетической эффективности в субъектах РФ. Существенное снижение нерационального потребления энергии в жилищном фонде может быть обеспечено только при применении комплексного подхода, реализующего стратегическую цель – плановое доведение технического и энергетического состояния зданий до нормативного уровня. Для достижения этой цели необходимо создание методики организационно-технологического обеспечения восстановления жилищного фонда и повышения его энергетической эффективности. Повышение энергоэффективности жилых зданий требует разработки и последовательного выполнения мероприятий, имеющих наибольший социально-экономический эффект.

В связи с вышеизложенным, целью проводимых исследований являлась разработка организационно-технологических решений повышения энергоэффективности жилищного фонда субъекта Российской Федерации на примере Белгородской области.

Методология. Исследования проводились с использованием методологии системного подхода к проблеме энергосбережения, теории сравнительного анализа, математического и компьютерного моделирования, а также с применением методов классификации и аналогизирования.

Основная часть. Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи: сформулировать концепцию устойчивого функционирования жилищного фонда субъекта РФ на основе стратегии управления его техническим и энергетическим состоянием; сформировать комплексный подход к решению проблемы повышения энергоэффективности в жилищном фонде, базирующийся на применении системы мониторинга технических и энергетических параметров жилых зданий; разработать методику и информационную модель оценки влияния сроков выполнения энергосберегающих мероприятий на жизненный цикл жилых зданий различных групп капитальности; создать методику формирования и информационную модель стоимостной оценки мероприятий по повышению энергоэффективности для жилых зданий на основе ресурсно-технологического моделирования; разработать методику построения и имитационную модель организационно-технологического обеспечения комплексной программы восстановления жилищного фонда и повышения его энергоэффективности для субъекта РФ.

Характеризуя современное состояние жилищного фонда необходимо отметить, что его

количественные и качественные характеристики определяются рядом факторов, определяющими из которых являются: различные формы собственности, объемно-планировочные и конструктивные схемы зданий и сооружений, время строительства и сроки эксплуатации жилых домов, условия эксплуатации, социально-демографические параметры и уровень инженерного благоустройства.

На начало 2015 г. жилищный фонд страны достиг 3 432 млн м² общей площади зданий, в том числе в городских муниципальных образованиях – 2 494 млн м² (72,7 %), в сельских поселениях – 938 млн м² (27,2 %) [6]. Основную его долю составляют многоквартирные дома (МКД), общее количество которых составляет 3 789 тыс. зданий с общей площадью жилых помещений 2 245 млн м². Необходимо отметить, что динамика роста жилищного фонда с 70-х годов прошлого столетия по настоящее время очень неоднородная. Объемы прироста жилья резко упали в 90-е годы и оставались на низком уровне вплоть до 2005 г. Затем они начали расти и в 2007 г. вышли на средний уровень 80-х годов [7].

Неоднородность ввода жилой площади отразилась на распределении жилых домов по срокам их службы. Доля МКД в стране со сроком службы свыше 25 лет в 2014 г. составила 75–80 %, в то время как общая площадь жилых домов, отслуживших более четверти века составила 60 %. Средний возраст жилого дома в России составляет 42 года, что существенно больше, чем в развитых странах. Замедление ввода жилья в прошлом привело к старению жилищного фонда, а его недоремонт – к росту доли ветхого и аварийного жилья до 3,1% от общей площади. При этом необходимо отметить, что качество, уровень технического состояния а, следовательно, и показатели энергоэффективности существенно отстают от мировых аналогов. Большая часть жилищного фонда нуждается в капитальном ремонте и реконструкции.

По данным Росстата [7] на начало 2014 г. в капитальном ремонте нуждалось порядка 272,9 тыс. МКД, однако ремонт был проведен только для 25,6 % этого количества домов. В сложившейся ситуации и при постоянном повышении цен и тарифов на жилищно-коммунальные услуги, объективной необходимостью является усиление мер и средств по повышению энергоэффективности жилищного фонда.

Рассматривая пути решения проблемы энергосбережения необходимо отметить, что на отопление и электроснабжение жилых, промышленных и общественных зданий расходуются около 560 млн тонн условного топлива (т у.т.) или около 35 % потребляемых в России энерге-

тических ресурсов. Потребители расходуют не более 70 % подаваемой в сеть холодной воды, а потери тепла при эксплуатации оборудования и систем теплоснабжения достигают 60 % при норме в 16 % [8]. К основным причинам неэффективного использования энергоресурсов можно отнести:

- отсутствие национальной концепции энергосбережения;
- значительные потери энергии и воды в связи с несовершенством норм, проектов, архитектурно-строительных систем, оборудования и конструкций;
- крайне низкий уровень учета, контроля и регулирования расходования энергетических ресурсов и воды во всех сферах потребления;
- отсутствие заинтересованности потребителей в рациональном использовании и экономном расходовании энергоресурсов;
- аварийное состояние зданий и энергосистем [9].

В решении проблемы повышения энергоэффективности важным является структурирование и анализ основных источников потребления энергии. Сравнение видов потребителей энергии показало, что максимальное ее количество требуется при эксплуатации объектов недвижимости.

Более 30 % потенциала экономии энергии сосредоточено в коммунальных инженерных системах, до 70 % – в зданиях и сооружениях [10]. Потребление энергии и тепла в МКД в 3,5 раза выше, чем в странах с аналогичным климатом. Суммарное потребление энергии в жилищном фонде, включая нежилые помещения и общедомовые нужды, в 2014 г. оценивалось в 173 млн т у.т.

Если современные строящиеся жилые дома удовлетворяют новым нормативам по энергосбережению и теплозащите, то построенный ранее за длительный период жилищный фонд не соответствует энергетическим требованиям современных стандартов. Локальные проблемы жилищного фонда многочисленны: ненадежная гидро- и теплоизоляция ограждающих конструкций, приводящая к протечкам и промерзаниям, избыточная инфильтрация вследствие плохого состояния оконных и дверных блоков в квартирах и местах общего пользования, техническое и моральное старение инженерного оборудования, отсутствие устройств автоматического регулирования потребления тепла, температуры горячей воды и др. [11]. Изменить сложившуюся ситуацию возможно путем проведения комплексного капитального ремонта жилищного фонда с реализацией энергосберегаю-

щих мероприятий, что является первоочередной задачей в масштабах страны.

По мнению ведущих исследователей энергосбережение – это фактор экономического развития, показавший на практике, что в большинстве случаев дешевле осуществить мероприятия по экономии энергии или вообще избежать ее использования, чем увеличить ее производство. Зарубежные исследователи кроме технических параметров энерго- и ресурсосбережения рассматривают также социальные и экологические аспекты.

Энергетическая эффективность – это комплекс средств и мероприятий по удовлетворению потребностей в товарах и услугах при минимальных экономических и социальных затратах на необходимую энергию и при наименьших расходах, необходимых для сохранения экологии природной среды в гармонии с устойчивым развитием на местном, национальном, региональном и мировом уровнях.

В национальном докладе «Теплоснабжение Российской Федерации. Пути выхода из кризиса» подчеркивается, что термин «энергосбережение» не самый подходящий для российских условий, так как предполагает снижение потребления энергии любыми методами и с любыми затратами [12]. В российских условиях главное – это не экономия энергетических ресурсов, а экономия финансовых средств. В этом случае термин «энергоэффективность» – максимальный эффект от использования единицы энергии или максимально эффективное потребление единицы энергии, будет наиболее подходящим. Анализ изученных работ по энергосбережению показывает существование различных

подходов к определению сущности энергосбережения.

Анализ результатов долгосрочной целевой программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010–2015 годы и целевые показатели на период до 2020 года» [13] по итогам 2014 г. показал незначительное снижение (на 2,78 %) объема потребления топливно- энергетических ресурсов населением. Неисполнение запланированных показателей правительство связывает с невыполнением жилищными организациями требований законодательства по оснащению МКД общедомовыми приборами учета, а также не соблюдением требований энергоэффективности при проведении капитального ремонта.

Для решения проблемы повышения энергоэффективности необходимо осуществление комплекса мероприятий, заключающихся в разработке, принятии и реализации согласованных действий по энергосбережению и повышению энергоэффективности при передаче и потреблении энергетических ресурсов на территории области и, прежде всего, в жилищной сфере.

В целях создания системы устойчивого развития жилищного фонда, определенной в «Стратегии развития жилищного строительства в Белгородской области на период до 2020 года» [14], предлагается сформировать комплексную программу восстановления жилищного фонда и повышения его энергоэффективности, базирующуюся на стратегии сохранения и восстановления жилищного фонда, как национального достояния (рис. 1).



Рис. 1. Создание системы устойчивого функционирования и развития жилищного фонда субъекта РФ

В качестве основы для разработки методики принят системный подход, то есть логически

взаимосвязанные этапы действий, направленные на достижение конечного результата. Этот под-

ход сформировался как совокупность методов и средств, позволяющих организовать процесс управления энергосбережением в субъекте РФ, определить приоритетные направления и необходимые ресурсы для осуществления энергосберегающей политики.

Методика разработки и реализации комплексной программы восстановления жилищного фонда и повышения его энергоэффективности для субъекта РФ включает в себя 4 этапа. Каждый этап разработки комплексной программы имеет определенный результат и направлен на решение следующих задач:

- диагностика текущего технического состояния и уровня энергоэффективности жилищного фонда субъекта РФ;
- анализ эффективности применения энергосберегающих мероприятий для групп зданий;
- разработка стратегического плана и комплексной программы восстановления жилищного фонда и повышения его энергоэффективности;
- разработка информационного обеспечения деятельности по реализации программы [15].

Повышение энергоэффективности жилищного фонда должно включать в себя мероприятия по экономии всех видов ресурсов: тепла, электроэнергии, воды и др. Однако наибольшая часть потребляемых ресурсов приходится на тепловую энергию, поэтому предлагаемая методика затрагивает вопросы экономии тепловой энергии и опирается на мониторинг энергетических параметров жилищного фонда.

Для выполнения требований энергетической эффективности зданий должны быть разработаны предложения по реализации энергетической санации для городских муниципальных образований и районов с применением комплекса энергетически обязательных мероприятий, включающих в себя обновление системы отопления, замену окон на энергоэффективные, обновление системы электроснабжения и вентиляции, утепление кровли. В качестве дополнительного мероприятия выступает утепление наружных стен, подлежащее выполнению только в случае экономической целесообразности.

Важным компонентом является оснащение домов и квартир приборами учета. Обеспеченность многоквартирных домов России общедомовыми приборами учета в 2014 г. составила по отоплению 9 %, холодной воде – 15, ГВС – 15, электроэнергии – 20, газу – 5 %. Обеспеченность квартирными приборами учета составила 2 % по отоплению, холодной воде – 65, ГВС – 49, электроэнергии – 90, газу – 7 %.

Таким образом, сбалансированное развитие энергетики и экономики, учитывающее интересы не только нынешнего, но и будущих поколений может быть обеспечено проведением рациональной политики энергосбережения во всех отраслях экономики.

Впервые законодательно вопросы энергосбережения были отражены в статьях 539-548 Гражданского кодекса Российской Федерации.

В 90-е годы правительство приняло меры к формированию научной и правовой базы энергосбережения. Анализ энергоэффективности отечественной экономики на протяжении последних лет свидетельствует, что в 90-е годы был проделан большой объем работ, в результате которого в период 1994–1998 гг. были сформированы основы российской нормативно-правовой базы энергосбережения. В 1995 г. вышло постановление Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению», в 1996 г. – принят закон «Об энергосбережении», а в 1998 г. – утверждена федеральная целевая программа «Энергосбережение России на 1998–2005 годы». Госстрой РФ разработал в связи с этим подпрограмму «Энергосбережение в строительстве» к государственной программе «Жилище», которая послужила основой для формирования региональных программ энергосбережения в жилищно-коммунальном секторе.

Годичное собрание РААСН в г. Казани в 2003 определило основные задачи и приоритетные направления в области ресурсо- и энергоэффективности России, в том числе:

- разработку общей стратегии устойчивого развития городов, поселений с оптимальным ресурсо- и энергопотреблением;
- переход на новый уровень проектирования градостроительных систем: «источник теплоснабжения – климат – город – здание»;
- разработку системы новых нормативных документов по энергетической эффективности зданий и сооружений, включая энергетические паспорта;
- разработку энерго-, ресурсо-минимизирующих технических решений для зданий со сниженным в 2–4 раза потреблением первичной энергии.

В июне 2008 г. вышел указ Президента России о снижении к 2020 энергоемкости ВВП РФ не менее чем на 40 % по сравнению с 2007 путем рационального и экологически ответственного использования энергии и энергетических ресурсов. Данные документы способствовали организации целостной системы правовых, административных и экономических мер, стимулирующих эффективное использование энергии.

На настоящий момент основной пакет правоустанавливающих документов по энергоресурсосбережению в жилищно-коммунальном секторе состоит из Федерального закона № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»; подзаконных актов Правительства РФ и ряда федеральных программ.

В 2010 г. принята государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», включающая в себя подпрограмму «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в жилищном фонде». Реализация технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, согласно целевым показателям программы, позволит достичь:

- годовой экономии первичной энергии в объеме 9,44 млн т у. т. к концу I этапа (к 2016 г.) и 17,04 млн т у. т. к концу II этапа (к 2021 г.);
- суммарной экономии первичной энергии в объеме 29,18 млн т у. т. на I этапе (2011 - 2015 гг.) и 97,83 млн т у. т. за весь срок реализации программы (2011– 2020).

В Белгородской области принято Постановление правительства Белгородской обл. от

30.10.2010 № 364-пп (ред. от 18.04.2011) «Об утверждении долгосрочной целевой программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010– 2015 годы и целевые показатели на период до 2020 года».

Стоит отметить, что в федеральное и региональное законодательство не включены требования об обязательности проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности при проведении капитальных ремонтов МКД. На настоящий момент только 7 субъектов Российской Федерации в своих региональных законах установили соответствующие требования при проведении капитального ремонта и реконструкции жилищного фонда.

Задачей энергосбережения является минимизация удельных затрат и экономия энергетических ресурсов при условии сохранения прежнего эффекта от их использования [16]. Каждое из направлений в области совершенствования зданий имеет ряд мероприятий, которые смогут обеспечить экономию топливно-энергетических ресурсов. В общем виде энергосберегающие мероприятия классифицируют по следующим направлениям [17] (рис. 2).



Рис. 2. Классификация энергосберегающих мероприятий

В сложившейся ситуации, когда огромен объем зданий, требующих одновременно и ремонта, и повышения энергетической эффективности, приоритетными являются меры по снижению тепловой нагрузки на системы отопления и вентиляции и повышение теплофизических свойств ограждающих конструкций. Общепринятая система технических мероприятий по

энергосбережению основана на структуре энергопотребления здания и включает в себя основные направления [18] (рис. 3).

В концепциях системного подхода к управлению инновациями в строительстве здание рассматривают по этапам жизненного цикла. С позиции энергосбережения интерес представляют собой три этапа – проектирование, строитель-

ство, эксплуатация, – которые различают по объему и структуре энергопотребления, составу применяемых методов и технологий, показателям и способам оценки их результативности.

В федеральных и региональных законодательных актах, касающихся энергосбережения и энергоэффективности, указано, что реализация мероприятий и проектов должна осуществляться только на базе разработанных программ, оценивающих экономический, социальный, экологи-

ческий эффект и определяющих пути и способы их реализации. Программы энергосбережения и повышения энергоэффективности должны быть разработаны по регионам, муниципальным образованиям, поселениям, организациям и предприятиям и являться основой для оценки существующего положения в сфере эффективности производства, использования всех видов энергии и определения дальнейших путей снижения затрат.

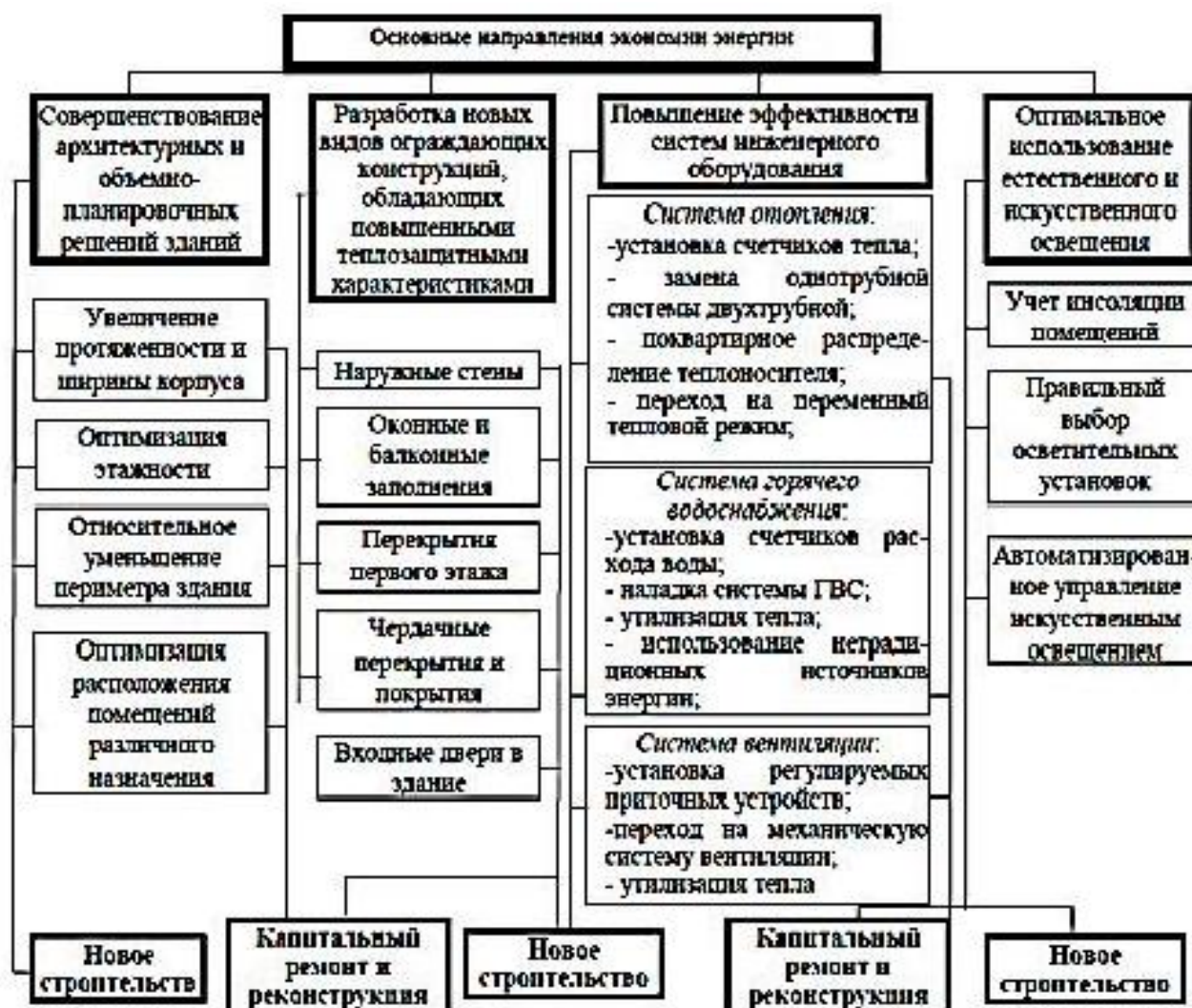


Рис. 3. Основные направления экономии энергии

Программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности разрабатывают на основании требований Федерального закона № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», постановления от 31.12.2009 г. № 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» и приказа Минрегиона РФ от 07.06.2010 №273 «Об утверждении Методики расчета зна-

чений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях», зарегистрированного в Минюсте РФ от 21.07.2010 №17927.

Закон Белгородской области от 12.07.2012 № 120 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности на территории Белгородской области» устанавливает правовые, экономические и организационные основы политики Белгородской области в обеспечении энергосбережения, эффективности использования топлива и энергии на ее территории. Преду-

смотренные законом меры государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, которые непосредственно направлены на обеспечение рационального использования энергетических ресурсов в жилищном фонде, условно разделяются на несколько групп. Постановлением правительства Белгородской обл. от 30.10.2010 №364-пп (ред. от 18.04.2011) была утверждена долгосрочная целевая программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010–2015 годы и целевые показатели на период до 2020 года» [14]. Всего на эту программу из областного бюджета планируется направить 1,855 млрд руб. за 10 лет. В программе предусматривались следующие мероприятия:

- оснащение всех жилых зданий, присоединённых к системам централизованного энергообеспечения, общедомовыми и поквартирными коммерческими приборами учёта и регулирования потребления энергии;

- реализация типового проекта «Энергоэффективный квартал», включающего в себя мероприятия по реконструкции и модернизации жилых и общественных зданий с применением новейших технологий и снижению на этой основе затрат на оказание жилищно-коммунальных услуг населению;

- строительство новых жилых зданий по СНиП «Тепловая защита зданий»;

- увеличение доли многоквартирных жилых зданий, подлежащих ежегодно комплексному капитальному ремонту, до 2 % к 2015 г. с введением требования уменьшения удельного расхода на отопление, горячее и холодное водоснабжение, электро- и газоснабжение по итогам ремонта более чем на 30 %, предусматривается капитальный ремонт в 2011–2014 гг. жилых зданий площадью 1,5 млн м²;

- утепление не менее 11 % квартир (2 млн. м²) и площади мест общего пользования в МКД, не подлежащих капитальному ремонту, к 2015 г. (установка пластиковых стеклопакетов, теплоотражающих плёнок и прокладок для окон, теплоотражающих экранов за радиаторами, доводчиков дверей, остекление лоджий, промывка систем отопления, установка современных радиаторов и термостатических вентилей и др.).

За счет реализации этого комплекса мер в жилищном секторе планировалось, что годовая экономия первичной энергии достигнет к 2015 г. 89 тыс. т у. т., а суммарная экономия первичной энергии в 2010–2014 – 212 тыс. т у. т.

Управление энергосбережением как элементом стратегии развития жилищным фондом

представляется одной из наиболее актуальных проблем.

Основным инструментом управления в сфере энергосбережения должны стать программы энергосбережения субъектов РФ, муниципальных образований и городов, самостоятельно формируемые регионами, с учетом установленных заданий, общих требований к их содержанию и порядку составления, определенных федеральным уровнем власти. С этой целью была поставлена задача разработки комплексной программы восстановления жилищного фонда субъекта РФ и повышения его энергоэффективности.

Федеральные законы №261-ФЗ и №384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» кардинально изменили требования к энергетической эффективности, безопасности и качеству как в новом строительстве, так и при реконструкции и капитальном ремонте жилых и общественных зданий. Отношения в области капитального ремонта регулируются рядом нормативно-правовых актов российского законодательства.

Согласно этим нормативным документам, капитальный ремонт, реконструкцию, а также новое строительство жилых домов должны осуществлять в соответствии с повышенными требованиями к тепловой защите ограждающих конструкций зданий. Согласно п. 3.2 ст. 15 Федерального закона

ФЗ-185, капитальный ремонт МКД, включенных в муниципальные и региональные адресные программы, обязательно должны включать в себя выполнение работ по повышению энергоэффективности, в том числе по установке коллективных (общедомовых) приборов учета потребления ресурсов и узлов управления (тепловой энергии, горячей и холодной воды, электрической энергии, газа). Другой перечень работ по капитальному ремонту многоквартирных домов содержится в постановлении Госстроя РФ от 27 сентября 2003 г. №170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда». Для собственников помещений в многоквартирных домах оба этих перечня не имеют обязательного значения.

Это связано с тем, что перечень работ по капитальному ремонту МКД, указанный в ст. 15 Федерального закона «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства», необходимо учитывать только при включении МКД в муниципальные и региональные адресные программы. Однако Федеральный закон №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (ст. 36)» установил, что эксплуатация зданий и сооружений

должна быть организована таким образом, чтобы обеспечивалось соответствие требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов в течение всего срока эксплуатации.

Постановление Правительства №18 от 25.01.2011 указывает, что требования энергетической эффективности в отношении зданий, прошедших капитальный ремонт, устанавливаются дифференцированно в зависимости от вида капитального ремонта, а приказ Минрегиона от 28 мая 2010 г. №262 жестко дает задания по снижению удельных расходов энергии по итогам капитального ремонта. Таким образом, законодательство Российской Федерации не устанавливает обязательного перечня работ, выполняемых при капитальном ремонте, но содержит требования об обязательном обеспечении безопасного состояния зданий в процессе их эксплуатации, а к вопросам безопасности отнесена в том числе энергоэффективность зданий.

Стоит отметить, что между законодательными актами, которыми регулируются отношения в области капитального ремонта зданий, до сих пор существуют противоречия.

Выводы. Таким образом, исходя из вышеизложенного, необходимо отметить следующее:

1. Анализ современного состояния жилищного фонда Российской Федерации выявил, что одной из основных проблем является высокая потребность и низкое качество капитального ремонта. В связи с этим, для решения проблемы энергосбережения требуется разработка новых организационно-технологических подходов в управлении многоквартирным жилым фондом с учетом требований энергетической эффективности.

2. Проанализированы зарубежный опыт и основные проблемы в сфере энергосбережения в жилищном фонде Российской Федерации, в результате чего установлена необходимость формирования комплексного подхода, при планировании и проведении мероприятий по повышению энергоэффективности.

3. Определены показатели и факторы энергоресурсосбережения. Выявлено существование различных подходов к определению направлений энергосбережения, а также отсутствие четкого понимания данной категории.

4. Выявлено, что нормативно-правовая база в области энергосбережения не устанавливает обязательного перечня видов работ по повышению энергоэффективности и не предусматривает оценку эффективности их применения при капитальном ремонте жилых многоквартирных домов.

6. Доказано, что для реализации Федерального закона № 261-ФЗ необходимо создание комплексной программы по восстановлению жилищного фонда и повышению его энергоэффективности.

7. Установлено, что потенциал энергосбережения в жилищном фонде составляет 26% от всего объема потребления энергетических ресурсов в России.

**Статья подготовлена в рамках мероприятий Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы по проекту «Теплофизические аспекты расчетно-экспериментальной оценки энергетической эффективности ограждающих конструкций при эксплуатации и реконструкции гражданских зданий»*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Повестка дня на XXI век: доклад конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро 3-14 июня 1992 г. Том I. Резолюции, принятые на конференции. Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 1993. 520 с.

2. Sheina S.G. Housing energy saving reconstruction project optimization on the basis of sustainability categories / Проблемы экологической безопасности и энергосбережения в строительстве и ЖКХ: материалы междунар. науч.-практ. конф. // Москва-Кавала, 2014. С. 146–150.

3. Указ Президента РФ от 04.02.1994 N 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_3079 (дата обращения: 25.06.2015).

4. Постановление правительства Белгородской обл. от 14.03.2011 №97-пп «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Стимулирование развития жилищного строительства на территории Белгородской области в 2011 - 2015 годах»

5. Вагин Г.Я., Сергеев С.Ф. Экономия энергоресурсов в промышленности, бюджетных организациях, жилищно-коммунальном хозяйстве: Справочно-методическое пособие. Н.Новгород: НГТУ, ДПИ, 2007. 100 с.

6. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат.сб./Росстат. Р76 М., 2014. 693 с.

7. Анализ текущего состояния жилищного фонда: отчет по проекту «Программа повышения энергоэффективности городского

жилищного фонда в Российской Федерации – разработка модели и законодательно-нормативной базы» / Институт экономики города. М.: Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), 2011. 156 с.

8. Мастепанов А.М. Топливо-энергетический комплекс России на рубеже веков – состояние, проблемы и перспективы развития: спр.-аналит. сб., 3-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Наука, 2010. 793 с.

9. Московский Ю. Износ оборудования как угроза национальной безопасности России [Электронный ресурс] // Научно-культурологический журнал RELGA «Наука и техника». 2010. №20 [218]. Режим доступа: <http://www.relga.ru/Environ/WebObjects/tguwww.woa/wa/Main?textid=2816&level1=main&level2=articles> (дата обращения: 12.02.2015).

10. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России [Электронный ресурс] // Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Режим доступа: <http://gisee.ru/articles/smi/1078/> (дата обращения: 27.02.2014).

11. Овчинников Э.В. Инновационные технологии гидроизоляции при реконструкции зданий / Реконструкция. Санкт-Петербург 2005: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. // СПб., 2005. Ч. 2. С. 265–267.

12. Реутов Б.Ф. Национальный доклад. Теплоснабжение Российской Федерации. Пути выхода из кризиса / М.: АНО «РУСДЕМ-Энергоэффект», 2002. 141 с.

13. Постановление правительства Белгородской обл. от 30.10.2010 №364-пп (ред. от 18.04.2011) «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010 - 2015 годы и целевые показатели на период до 2020 года».

14. Постановление правительства Белгородской обл. от 14.03.2011 №97-пп «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Стимулирование развития жилищного строительства на территории Белгородской области в 2011 - 2015 годах».

15. Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2014 г. №209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165810/ (дата обращения: 12.07.2013).

16. Самарин О.Д. Техничко-экономическое сравнение оптимального комплекса энергосберегающих мероприятий с нормативными решениями // Полимергаз. 2008. №1. С. 44–47.

17. Курятов В.Н. Потенциал энергосбережения и его практическая реализация // Экологические системы. 2005. №5.

18. Энергосбережение в жилищной и коммунальной сфере: учебник для студентов специальности «Экспертиза и управление недвижимостью» / под общ. ред. проф. Л.Н. Чернышева. М., Екатеринбург: Изд-во ООО «ИРА УТК», 2008. 426 с.

Kosukhin M.M., Sharapov O.N., Bogacheva M.A., Kosukhin A.M.

THE ENERGY SAVING ISSUES IN CONDITIONS OF STABLE PERFORMANCE, MODERNIZATION AND DEVELOPMENT OF HOUSING STOCK

The comparative analysis of the country's housing stock, its state, qualitative and quantitative indicators has been carried out in order to determine the energy efficiency improvement potential of the multiple-dwelling housing stock. It has been found out that one of the main problems of energy saving is the high need and the low quality of capital repairs in the housing stock. In this regard, the new organizational and technological approaches in multiple-dwelling housing stock management need to be developed, with account of energy efficiency requirements. The necessity of forming an integrated approach in planning and carrying out measures in improving the energy efficiency has been determined. The indicators and factors of energy saving have been defined. The existence of various approaches to defining the trends of energy saving, as well as lack of precise understanding of this category has been found out. It was identified that the legislative and regulatory framework in energy saving area doesn't determine the list of mandatory works in the sphere of energy saving and doesn't imply the evaluation of their efficiency at the capital repairs of multiple-dwelling residential buildings. It was proved that in order to implement the Federal Law № 261-F3 an integrated program of housing stock restoration and its energy efficiency improvement should be created. It was determined that the energy saving potential of housing stock amounts to 26% of the total energy resources consumption in Russia.

Key words: energy efficiency, energy resource saving, housing stock, capital repairs, multiple-dwelling housing stock management, management for energy efficiency improvement, legislative and regulatory framework in energy saving area, energy saving potential.

Косухин Михаил Михайлович, канд. техн. наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: mkosuhin@mail.ru

Шарапов Олег Николаевич, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: y31rus@ya.ru

Богачева Марина Александровна магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: marisha_shugaeva@mail.ru

Косухин Андрей Михайлович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: andrey.shik@mail.ru

¹Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,²Малюкова М.В., канд. техн. наук, главный технолог,¹Погорелова И.А., канд. техн. наук,¹Корякина А.А., аспирант¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²ООО «Завод АрБет»

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ КОЛОРИСТИКИ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

В настоящее время широкое распространение получили декоративные бетоны, плиты бетонные тротуарные, деревянные конструктивы, которые тесно связаны с колористикой и теорией цвета. Современные исследования и разработки помогают совмещать высокие эксплуатационные, декоративные и колористические свойства.

Ключевые слова: колористика, декоративный бетон, предметно-пространственная среда, плиты бетонные тротуарные, древесина, лакокрасочные материалы.

Формирование предметно-пространственной колористической среды понимается как целостная система множества цветов элементов природного окружения с внесенными в нее цветами создаваемых человеком объектов – строительных, архитектурных и дизайнерских, произведений пластических искусств и других составляющих. Они образуют подвижное цветопространственное поле. Это поле может образовываться спонтанно, а может формироваться целенаправленно, как в природном окружении, так и в искусственно создаваемом.

Цветовые решения, используемые в архитектуре, гораздо важнее и значимее, чем это может показаться на первый взгляд. Роль цвета в жизни человека, в восприятии им пространства, давно доказана учеными. Так, темные цвета визуально уменьшают помещения, «сдвигают стены», а светлые создают ощущение простора, широты. Цвета по-разному влияют на психологическое состояние человека. Общеизвестно, например, что красный действует возбуждающе, а зеленый – успокаивает, умиротворяет. В результате влияния изменения происходят не только в психологическом состоянии человека, но и в физиологическом. Под воздействием цвета может изменяться частота пульса, особенности работы внутренних органов.

Общеизвестна концепция В. Кандинского [1] относительно распределения цветов в пространстве по отношению к зрителю: желтый цвет распространяется в стороны и тем самым приближается к зрителю; синий сокращается, уходит от зрителя; красный стабилен. Оранжевый – это красный, приближенный к наблюдателю посредством желтого, а фиолетовый – красный, удаленный от зрителя синим.

Американский ученый Ф. Биррен [2], выясняя причины явления хроматической стереоскопии, приходит к выводу, что ее возникновение коренится в физиологических особенностях зрительного анализатора. Приспосабливаясь к фокусированию изображения красного цвета на сетчатку, линзы глаза увеличивают свою кривизну. Возможно поэтому, такие цвета кажутся расположенными ближе и занимающими большее пространство. Чтобы изображение синего цвета попало на сетчатку глаза, линзы становятся более плоскими, и эти цвета кажутся отдаленными и занимающими меньшее пространство. Механические изменения зрительного аппарата Ф. Биррен связывает с психологией зрительного восприятия цветов.

Швейцарский педагог Й. Иттен [3] справедливо отмечает, что для оценки впечатления глубины цвет фона столь же важен, как и цвет, являющийся объектом восприятия. Это шесть цветов – желтый, оранжевый, красный, фиолетовый, синий и зеленый, помещенные на черный фон, по впечатлению своих ступеней глубины соответствуют пропорциям золотого сечения.

Цвет является одним из мощных факторов, формирующих комфортную визуальную среду и одной из важнейших характеристик большей части произведений искусства. Современными учеными психологами установлен факт прямого влияния цвета на психологическое состояние человека, его самочувствие, трудоспособность и активность, а также вегетативную нервную систему, которая отвечает за деятельность внутренних органов. Кроме того, за счет использования широкой цветовой гаммы можно обогатить визуальную среду и насытить ее зрительными элементами и необходимой информацией [4]. С помощью цвета можно

создать иллюзию огромного пространства в рамках маленького формата и "сузить" при необходимости пространство.

Но колористические приемы используются не только в искусстве и архитектуре, но и в строительном материаловедении. В последнее время особое распространение нашли декоративные бетоны. Они имеют широкий спектр цветовой гаммы и огромный выбор оттенков.

Декоративный бетон (рис. 1) является инновационной разновидностью монолитного бетона, обработанного художественной штамповкой в сочетании с химической пропиткой.

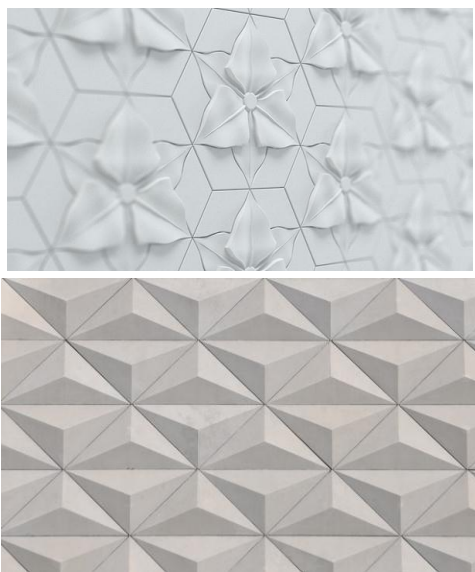


Рис. 1. Декоративный бетон

Технология декоративного бетона применяется для создания покрытий, имитирующих цвет и текстуру натуральных материалов. Это лучшая разработка, позволяющая имитировать природный камень, кирпич, брусчатку, звериную шкуру, деревянные доски, а вследствие чего и очень разнообразный выбор колористических сочетаний. Эта технология дает возможность получать поверхность бетонного покрытия, полностью соответствующую архитектурному стилю строений и элементов ландшафтного дизайна. В настоящее время широкое распространение получили плиты бетонные тротуарные с высокими конструктивными, эксплуатационными и декоративными качествами, ремонтной пригодностью и экологической безопасностью (рис. 2).

По результатам накопленного производственного опыта и лабораторных исследований основными факторами, влияющими на цвет плит бетонных тротуарных, изготовленных методом полусухого

вибропрессования являются: сырьевые компоненты; состав и водоцементное отношение бетонной смеси, режим твердения изделий и технология окрашивания [5–13].

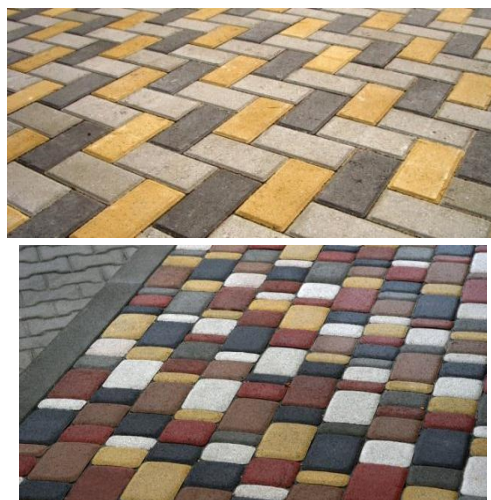


Рис. 2. Плита тротуарная вибропрессованная

Известны различные технологии производства, в которых реализована идея получения цветных изделий из бетона. Включения разного цвета создаются в изделиях, как правило, при помощи размещения перегородок в загрузочном оборудовании, либо в матрице пресс-формы. При размещении перегородок в ячейках матрицы пресс-формы и заполнении полученных отсеков бетонной смесью выбранного цвета указанные перегородки остаются в готовом изделии, что отрицательно влияет на прочностные свойства.

В других вариантах перегородки устанавливают в загрузочном ящике с гидроприводом. В разные отсеки загрузочного ящика помещают бетонную смесь разного цвета. При этом загрузку декоративного слоя выполняют прерывисто многократно и многослойно. Таким образом, например, имитируют расцветку природного камня.

Также используют технологию изготовления декоративных строительных изделий, включающей перемешивание с водой вяжущего, содержащего портландцементный клинкер, твердый модификатор, наполнители (гипс и пигменты), заполнители, функциональные добавки, выдерживание полученной смеси с последующей ее укладкой, формовкой, уплотнением и термообработкой. Причем для получения многоцветных изделий готовят несколько смесей, различающихся по цвету или тону, которые через систему сит, например, через колосниковые решетки, подают в бункер, поддерживая при этом стационарный поток каждой смеси.

Для изготовления декоративных изделий с мраморовидной структурой используют цветные

смеси, а также устройство, представляющее собой бункер, разделенный внутренней перегородкой на два отсека. В нижней части бункера предусмотрен шибер, перекрывающий выход из обоих отсеков. Под ним расположен другой бункер, образуемый в нижней части стенками, две из которых прикреплены к осям, вокруг которых они могут поворачиваться. Подвижные стенки имеют отверстия и представляют собой систему сит, в данном случае колосниковых решеток, так как отверстия выполнены в форме щелей, с колосниками. На центральном колоснике закреплены на крючках цепи, которые могут регулировать угол наклона колосниковых решеток. Как правило, они находятся в положении, открывающем вид на них сверху. При изготовлении изделий с мраморовидной структурой цветные смеси помещают в указанные отсеки. После этого открывают шибер и смеси перетекают во второй бункер, а из него через щели колосников в формы. При этом не происходит разрывов сплошности потоков каждой смеси и в результате на лицевой поверхности изделий формируется четкая мраморовидная текстура, то есть имеется четкая граница при переходе от одного оттенка цвета к другому. Разработан новый прием укладки облицовочного слоя бетона в матрицу пресс-формы с обеспечением плавного перехода друг в друга всех изначально поданных цветов бетонной смеси, что обеспечивает получение бетонных изделий с более широкими функциональными возможностями для создания новых цветовых решений при реализации архитектурно-строительных проектов.

Плавный переход цветов в готовом изделии обеспечивает разработанная технология современного окрашивания типа «colour-mix» [11, 14].

Способ изготовления изделий из декоративного (архитектурного) бетона методом полусухого вибропрессования включает формирование основного и облицовочного слоя изделий путем подачи бетонной смеси из смесителя в приемочные бункеры, дозирование ее в трансферкары, формование слоев изделий возвратно-поступательным движением трансферкары над матрицей пресс-формы, профилирование смеси основного слоя пуансоном, последующее формование облицовочного слоя и вибропрессование изделий. Возвратно поступательное движение трансферкары дополнительно размывает границы между раздельно загруженными в бункер порциями цветного бетона, обеспечивая плавный переход друг в друга разных цветов с

получением готового бетонного изделия с расцветкой типа «colour-mix» (рис. 3).



Рис. 3. Партия готовых изделий из цветного бетона, размещенная на поддоне

Перегородки внутри промежуточного приемочного бункера облицовочного бетона устанавливают вдоль движения трансферкары по всей длине бункера, а подачу цветного облицовочного бетона осуществляют адресно в каждую ячейку промежуточного приемочного бункера отдельно.

В результате получают изделия разнообразной формы и размеров из декоративного бетона, содержащие основной и облицовочный слои, при этом облицовочный слой каждого изделия выполнен многоцветным с плавным переходом друг в друга двух, трех и более цветов бетонной смеси.

Цветовая гамма облицовочного слоя может варьироваться в пределах основных цветовых пигментов, а также в зависимости от процентного содержания этих пигментов в составе слоя. Основные применяемые цвета облицовочного слоя – это красный, зеленый, синий, оранжевый, желтый, коричневый, черный, серый (изготавливается без применения цветовых пигментов), белый (изготавливается без цветовых пигментов с применением белого цемента), горчичный, розовый, бежевый и песочный. Также возможно изготовления и других цветов в зависимости от процентного отношения пигментов при их смешивания в по выбранному рецепту.

Окрашивание тротуарной плитки не ухудшает ни физические, ни механические свойства. Прочность на сжатие тротуарной плитки составляет 30 МПа, морозостойкость – F200, водопоглощение – до 5% [11].

Изделие может быть выполнено, например, в форме брусчатки или тротуарной плитки, или в форме бетонного бордюра, или в форме поребрика, или в виде плоского изделия любой другой формы.

Во время укладки тротуарной плитки на объектах строительства получаемая брусчатка перемешивается, а чередование переходов цвета

между соседними плитками создает неповторимые цветовые решения (рис. 4).

Разработанная технология современного окрашивания типа «colour-mix» обеспечивает плавный переход цветов облицовочного слоя бетона с получением каждой единицы продукции в многоцветном исполнении при высоком уровне механических свойств изделий.



Рис. 4. Укладка тротуарной плитки с чередованием переходов цвета между соседними плитками

Цветовой эффект, например, плиты тротуарной, определяется не только окрашивающими цемент пигментами. На цвет поверхности, наряду с рецептурными компонентами, оказывает влияние целый ряд других факторов. Первое место при этом отводится особенностям рельефа изделия, поскольку интенсивность и сочность цвета определяется отражением. В соответствии с этим действует правило: чем больше отражение, тем интенсивнее ощущение цвета. Предмет, обладающий гладкой малопористой поверхностью, кажется нам более интенсивно окрашенным, чем предмет с шероховатой поверхностью. Поэтому, при производстве цветных вибропрессованных изделий необходимо стремиться к получению более плотной и менее пористой структуры окрашенной лицевой поверхности. Существующие способы окрашивания позволяют получать вибропрессованную плиту тротуарную уникальную по окрасу, эстетически привлекательную и архитектурно-выразительную.

Начало нового века проходит под девизом - экологичность, и все чаще архитекторы и строители обращаются к деревянному строительству. Но при обработке дерева наиболее важным моментом является

правильное завершение процесса, а именно выполнение отделки изделия. И для достижения качественного результата надо понимать и знать как можно больше об используемых материалах, факторах, влияющих на окрашивание, необходимом оборудовании и различных технологиях применения. И появляется такой немаловажный фактор, как придание цвета, либо оттенка, древесине.

Так что же такое цвет с точки зрения отделки изделия? И в данном вопросе помогает наука колористика. Эти знания активно используются и в области продвижения лакокрасочных материалов для отделки изделий из древесины. Так задачи, связанные с квалифицированным подбором необходимого цвета, всегда актуальны для любого отделочного производства.

На саммите, где принимали участие лидеры в области колористики и профессиональных красок для дерева – концерн AkzoNobel и

компания GOOD COLOR, и ведущие эксперты деревянного домостроения, было выявлено, что в 2016 году самым востребованным цветом для деревянных ограждающих конструкций стала "золотистая охра" (OchreGold). Специалисты учитывают традиции и современные тенденции и выдают тот цвет, который наиболее точно отражает эмоциональную наполненность сегодняшнего времени. И нынешний "золотой" это не "золото, как роскошь", а это – успокаивающий, умиротворенный цвет [15].

Таким образом, нельзя недооценивать значения колористического образа архитектурной среды, которую мы регулярно визуально воспринимаем. Современные исследования и разработки помогают совмещать высокие эксплуатационные, декоративные и колористические свойства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кандинский В. О духовном в искусстве. М.: Архимед, 1992. 109 с.
2. Birren F. Color psychology and color therapy: A factual study of the influence of color on human life. New York., 1961. 302 p.
3. Иоханнес Иттен «Искусство цвета» Издательство: Издатель Дмитрий Аронов, 2015. 96 с.
4. Алексеева Т. Психологический подход в цветовом архитектурном моделировании // Колористика города (материалы Международного семинара). М., 1990. Т II.
5. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малюкова М.В. Высокоплотные составы

вибропрессованных бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 48–50.

6. Лесовик В.С., Агеева М.С., Денисова Ю.В., Иванов А.В. Использование композиционных вяжущих для повышение долговечности брусчатки бетонной // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 52–54.

7. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Высолы (выцветы) на поверхности бетонных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 28–31.

8. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Повышение качества мелкоштучных изделий за счет равномерного заполнения формы жесткой смесью // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 56–60.

9. Kharkhardin A.N., Suleymanova L.A., Kara K.A., Maluykova M.V., Kozhukhova N.I. The Determination of Topological Properties in Polydispersed Mixtures on the Results of Sieve Laser and Particle Size Analysis // World Applied Sciences Journal. 2013. № 25. Т.2. С. 347–353.

10. Стрельцова Т.П., Соловьева Л.Н., Максакова Е.С., Никулина М.В. Особенности декоративных бетонов в зависимости от колорирующего компонента // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 223–225.

11. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Вибропрес-сованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 144 с.

12. Корякина А.А., Севостьянова К. И., Сулейманова Л.А. Колористика предметно-пространственной среды // Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. тез.докл. – Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2016. С. 66–68.

13. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Яковлева Е.А., Корякина А.А. Декоративные элементы как способ эстетического осмысления пространства. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 7–13.

14. Патент на изобретение № 2476312. Способ изготовления изделий из цветного архитектурного бетона и изделие, полученное этим способом / Н.Н. Щербин, А.А. Боблак, М.В. Малюкова // Заявл. 27.09.11; опубл. 27.02.13. Бюл. № 6. 3 с.

15. <http://architime.ru/competition/2016/stat160716.htm> 2007 - 2016, ARCHITIME.RU - информационно-образовательный ресурс, идея - Мария Малицкая, architime@mail.ru, mail@architime.ru.

Suleymanova L.A., Malyukova M.V., Pogorelova I.A., Koryakina A.A.

FORMATION OF THE SPATIAL ENVIRONMENT IN VIEW OF COLOURISTICS

At present, wide circulation was received by decorative concrete, concrete walkway slabs, wooden constructions, which are closely connected with coloristic and the theory of color. Current research and developments help to combine high operating, decorative and coloristic properties.

Key words: *colouristics, decorative concrete, objective-spatial environment, concrete walkway slabs, wood, paint-and-lacquer material.*

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

Малюкова Марина Валерьевна, кандидат технических наук, главный технолог. ООО «Завод АрБет».

Адрес: Россия, 308000, Белгород, Энергетиков, 2

E-mail: marishka5687@rambler.ru

Погорелова Инна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Корякина Алина Александровна, аспирант

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

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Почтовая 62в, 105.

E-mail: alinakoryakina.arch@gmail.com

**Шерстнев А.К., аспирант,
Ляпидевская О.Б., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный строительный университет**

ПОВЫШЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ГОТОВЫХ БЛОКОВ С БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ ФУТЕРОВКОЙ

sherstnev.andrey.k@yandex.ru

Освоение подземного пространства городов с сохранением окружающей среды является одним из приоритетных направлений развития современной строительной отрасли. В связи с этим особенно актуальной является проблема повышения геоэкологической безопасности и долговечности подземных сооружений, в том числе тоннелей и инженерных коммуникаций. Одним из направлений повышения указанных показателей является защита железобетонных конструкций от поверхностных, грунтовых и техногенных вод, насыщенных в условиях городской среды агрессивными соединениями. Применяемые в настоящее время гидроизоляционные материалы для вторичной защиты бетона (на основе битумов, цемента и др.), стеклопластиковая футеровка недостаточно предохраняют конструкции от разрушающего воздействия агрессивных вод. Кроме того, большинство из них негативно воздействуют на окружающую среду. Для решения указанной проблемы предлагается выполнять обделку тоннелей готовыми сборными блоками с базальтопластиковой футеровкой. Рассмотрена методика проведения испытаний на стойкость к действию химических сред базальтопластиковой футеровки для инженерных коллекторов, позволяющая оценить влияние агрессивной химической среды. Приведены результаты лабораторных испытаний элементов футеровки из базальтопластика на коррозионную стойкость.

Ключевые слова: геоэкологическая безопасность, базальтопластик, футеровка, химическая стойкость, химически агрессивные среды.

Введение. В настоящее время для вторичной защиты железобетонных подземных сооружений (коллекторов, тоннелей и т.п.) применяются рулонные и мастичные материалы на битумной основе, обмазочные цементные составы, металлические листы, стеклопластиковая футеровка. Основным недостатком таких покрытий является низкая коррозионная стойкость при действии агрессивных сред, что приводит к разрушению тоннелей, снижению пропускной способности коллекторов, загрязнению подземных и поверхностных вод, почвы и атмосферы [1–4].

Одним из наиболее перспективных методов повышения геоэкологической безопасности окружающей среды является применение обделки тоннелей готовыми сборными блоками с базальтопластиковой футеровкой. Подобный метод позволяет отказаться от трудоемких работ по вторичной защите бетона и повысить химическую стойкость подземных сооружений к агрессивному воздействию среды [5].

Базальтопластиковая футеровка представляет собой специальную многослойную обделку, состоящую из наномодифицированных терморезистивных смол, рубленых базальтовых волокон, металлических армирующих элементов для сцепления футеровки с бетоном, предназначенную для обеспечения защиты внутренних поверхностей железобетонных блоков от воз-

можных механических, термических, физических и химических повреждений. Элементы базальтопластиковой футеровки изготавливаются в заводских условиях на прессформе, затем последовательно укладываются слои волокон и ткани из базальтовых волокон и пропитываются терморезистивным связующим. После формирования изделия поступают в термокамеру, где происходит его отверждение (полимеризация связующего). Отформованные элементы базальтопластиковой футеровки укладываются в формы для производства железобетонных блоков для инженерных коллекторов с последующей установкой арматурного каркаса, укладкой бетонной смеси и тепловлажностной обработкой.

В настоящей работе приведены результаты испытаний полимерной футеровки из базальтопластика на коррозионную стойкость.

Методология. Проведение лабораторных испытаний элементов футеровки из базальтопластика на коррозионную стойкость проводилось в соответствии с нормативными документами [6–11].

Оценка химической стойкости материала осуществлялась по изменению внешнего вида, массы, линейных размеров, прочности образцов материала после выдержки в течение определенного периода времени в растворах агрессивных сред.

Основная часть.

Для проведения испытаний применялись образцы, вырезанные из отформованных элементов базальтопластиковой футеровки (рис. 1).

В качестве агрессивных сред были выбраны:

- водный раствор H_2SO_4 (концентрация 5 %) один раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС*);

- водный раствор $NaOH$ ($pH=12$) 1 раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС;

- водный раствор смеси растворителей: бензол – 0,21 мг/л, толуол – 8,4 мг/л, 1,1,2,2 – тетрахлорэтан – 0,1 мг/л; 1,1,2,2 – тетрахлоэтен – 8 мг/л один раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС;

- водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) 1 раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС.

Приняты условные обозначения:

*) КОС – Курьяновские очистные сооружения; ЛОС – Люберецкие очистные сооружения.



Рис. 1. Отформованные элементы базальтопластиковой футеровки для железобетонных конструкций инженерных коллекторов

Средняя температура агрессивного раствора составляла $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отклонение температуры агрессивной среды от средней не превышало $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Экспонирование образцов производилось в плотно закрытой стеклянной посуде. Емкости с экспонированными образцами размещались при комнатной температуре под вытяжными шкафами. Перед экспонированием в агрессивных средах торцы образцов тщательно защищались от контакта с агрессивной средой. Продолжительность испытаний составила 28 суток (до достижения сорбционного равновесия).

В качестве контролируемых показателей были приняты следующие свойства:

- внешний вид образцов;
- изменение массы образцов;
- изменение твердости по Барколу на внутренней и внешней поверхности образцов;
- изменение прочности при статическом изгибе в осевом направлении;

- изменение прочности при растяжении в осевом направлении;

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Выводы. В соответствии с ГОСТ 12020-72 «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред» (таблица 2) стойкость образцов, вырезанных из элементов базальтопластиковой футеровки, к воздействию выбранных химических сред является хорошей. Стойкость к действию химических сред базальтопластиковой футеровки выше, чем у материалов, применяемых для вторичной защиты железобетонных конструкций и стеклопластиковой футеровки (удовлетворительная) [12–15], что доказывает возможность повышения геологической безопасности инженерных коллекторов путем применения железобетонных блоков с базальтопластиковой футеровкой при их возведении.

Таблица 1

Результаты испытаний контролируемых показателей

№	Среда	Водный рас- твор H ₂ SO ₄ (концентрация 5%) один раз в неделю на 6 часов с после- дующей вы- держкой в очищенной сточной воде	Водный раствор смеси растворите- лей: бензол – 0,21 мг/л, толуол – 8,4 мг/л, 1,1,2,2 – тет- рахлорэтан – 0,1 мг/л; 1,1,2,2 – тет- рахлоэтен – 8 мг/л один раз в неделю на 6 часов с после- дующей выдерж- кой в очищенной сточной воде	Водный рас- твор NaOH (рН = 12) один раз в неделю на 6 часов с последующей выдержкой в очищенной сточной воде	Водный рас- твор ацетона (концентрация 10 мг/л) один раз в неделю на 6 часов с по- следующей выдержкой в очищенной сточной воде
Внешний вид вырезанных из элемента базальтопластиковой футеровки в осевом направление, после экспозиции в агрессивных средах в течении 28 суток (ГОСТ 12020-72. «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред»).					
1	Сколов и трещин на внутренней поверхности футеровки не обнаружены; Сколов и расслоений на торцах футеровки не обнаружено.				
Изменение массы образцов связующего после экспозиции в агрессивных средах (ГОСТ 12020-72. «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред»).					
2	Исходная масса образца (средняя), г	25,5358	25,7721	25,9145	25,8973
3	Масса образца после экспозиции, г	25,5818	25,8108	25,8549	25,9976
4	Изменение массы образца, %	0,18	0,15	-0,23	0,31
Измерение твердости связующего по Барколу (ASTM C-581-83 «Tentative Method of Test for Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass Reinforced Structures»).					
5	Исходное значение, ед	57,87			
6	После экспозиции в средах, ед.	52,21	49,50	49,62	49,32
7	Изменение твердости по Барколу, %	-9,78	-14,46	-14,26	-14,77
Изменение прочности при изгибе образцов, вырезанных из элемента базальтопластиковой футеровки в осевом направление, после экспозиции в агрессивных средах в течении 28 суток (ГОСТ 4648-2014 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб»)					
8	Прочность при изгибе исходная, МПа (среднее значение из 5-ти образцов)	100,8			
9	Прочность при изгибе после экспозиции, МПа (среднее значение из 5-ти образцов)	98,99	100,57	99,02	98,79
10	Изменение прочности при изгибе, % (среднее значение из 5-ти образцов)	-1,8	-0,23	-1,77	-1,99
Изменение прочности при растяжении образцов, вырезанных из элемента базальтопластиковой футеровки в осевом направление, после экспозиции в агрессивных средах в течении 28 суток (ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение»)					
11	Прочность при растяжении исходная, Мпа (среднее значение из 5-ти образцов)	40,8			
12	Прочность при растяжении после экспозиции, Мпа (среднее значение из 5-ти образцов)	41,21	40,03	40,2	39,63
13	Изменение прочности при растяжении, % (среднее значение из 5-ти образцов)	1,0	-0,77	-1,47	-1,17

Таблица 2

Оценка стойкости пластмасс к действию химического реагента по изменению механических показателей пластмассы

Тип материала	Оценка стойкости	Изменение показателя, %
Реактопласты	Хорошая	От 0 до 15
	Удовлетворительная	Свыше 15 до 25
	Плохая	Свыше 25

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шерстнев А.К., Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А., Каддо М.Б. Использование железобетонных блоков с базальтопластиковой футеровкой для инженерных коллекторов // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 50–54.
2. Lyapidevskaya O.B, Sherstnev A.K. The new method of cohesion quality assessment of basalt plastic lining of reinforced concrete blocks for engineering collectors // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. Pp. 434–438.
3. Ткач Е.В. Технологические аспекты создания высокоэффективных модифицированных бетонов заданных свойств// Технологии бетонов. 2011. № 7–8. С. 44–47.
4. Алексагин С.В., Булгаков Б.И. Мелкозернистый бетон для гидротехнического строительства, модифицированный комплексной органо-минеральной добавкой // Вестник МГСУ. № 8. 2013. С. 97–103.
5. Булгаков Б.И., Танг Ван Лам. Применение метода проницаемости ионов хлора для исследования плотности структуры высококачественных мелкозернистых бетонов // Промышленное и гражданское строительство. № 8. 2016. С. 45–48.
6. ГОСТ 12020-72 Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред
7. ASTM C-581-83. Tentative Method of Test for Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass Reinforced Structures
8. ASTM D2583-67/ Standart Method of Test for Indentation Hardness of Plastics by Veans of a Barcol Impressor
9. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования
10. ГОСТ 4648-2014 Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб
11. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение
12. Konish H.I., Swerdlow I.L., Cruse T.A. Experimental investigation of fracture in an advanced fibre composite // J. Composite Mater. 1972. Vol. 6. P. 114–124.
13. Poe C.C., Jr. A unifying strain criterion for fracture of fibrous composite laminates // Eng. Fract. Mech. 1983. Vol. 17. № 2. P. 153–171.
14. Макаров В.Г., Натрусов В.И., Аркджовский В.Н. Химстойкость стеклопластиковой футеровки на основе смолы ПН-16 // Пластмассы. 1979. №6. С. 24–26.
15. Сороина Т.Г. Исследование физико-механических свойств модифицированной эпоксивинилэфирной смолы и стеклопластика на ее основе // Пластические массы. №5. 2005. С. 28–31.

Sherstnev A.K., Lyapidevskaya O.B.

INCREASING OF GEOLOGICAL SAFETY OF ENGINEERING COLLECTORS THROUGH THE USE OF PREFABRICATED BLOCKS WITH BASALT PLASTIC LINING

Development of underground space of cities and at the same time with conservation of surroundings is the priority evolution directions in modern construction field. In this connection the most actual is the problem of increasing geological and ecological safety and endurance limit of underground constructions including tunnels and pipelines. One of the directions of increasing these aspects is the protection of reinforced structures from surface, ground and anthropogenic waters that saturated aggressive compounds in the city condition. Waterproofing materials for secondary concrete protection (on the base of bitumen, cement and others), fiberglass lining that are using now insufficiently keep away structures from the damaging effects of aggressive waters. Beside that the most of its have the negative influence on the environment. For the decision of this problem it is suggested to fulfill the tunnel finishing with prefabricated blocks having basalt plastic lining. It is considered the test procedure for resistance to impact of chemical medium basalt plastic lining for engineering collectors that will assess the influence of aggressive chemical medium. The results of laboratory test of basalt plastic lining elements to corrosion resistance also are shown.

Key words: geological safety, basalt plastic, lining, chemical resistance, aggressive chemical medium.

Шерстнев Андрей Константинович, аспирант кафедры строительных материалов.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 46129337, Москва, Ярославское ш., 26.

E-mail: sherstnev.andrey.k@yandex.ru

Ляпидевская Ольга Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 46129337, Москва, Ярославское ш., 26.

E-mail: olga.lyapidevskaya@inbox.ru

Волков А.А., д-р техн. наук, проф.
Московский государственный строительный университет.

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМОКВАНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Рассмотрены этапы функционирования системоквантов строительных процессов и объектов, показана эффективность их использования в строительном производстве.

Ключевые слова: системокванты, информационные векторы, поточное строительство, трудовые ресурсы, материальные элементы, технические средства.

Согласно концепции К.В.Судакова процессы жизнедеятельности биологических систем (в т.ч. человека) осуществляются в виде квантованных отрезков, универсальных по своей внутренней архитектонике (афферентный синтез, принятие решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез и его оценка акцептором посредством обратной афферентации) и внешним проявлениям по принципу саморегуляции от потребности до её удовлетворения [1, 2]. Проводим адаптацию концепции системоквантов к изучению и проектированию строительных процессов и объектов

Проектирование системоквантов строительных процессов, объектов и комплексов проводим в виде информационных векторов, обвиваемых квантами процессов с начальными и конечными событиями в координатах пространства и времени с непрерывным переходом одного системокванта в следующий, т.е. в пространственно-временном континууме. Информационными направляющими векторами системоквантов строительных процессов служат руководители производства на соответствующих иерархических уровнях управления.

Функционирование системоквантов происходит при условии:

$$I_n \rightarrow (TP + MЭ + TC)_1 = K_1(P_1) \rightarrow I_{n1} \rightarrow (TP + MЭ + TC)_2 = K_2(P_2) \rightarrow I_{n2} \rightarrow (TP + MЭ + TC)_3 = K_3(P_3) \rightarrow I_{n3} \rightarrow \dots \rightarrow I_{nn} \rightarrow (TP + MЭ + TC)_n = K_{n+1}(P_{n+1}) \rightarrow I_{n+1} \quad (2)$$

где: 1, 2, 3, ..., n – номера системоквантов строительных процессов согласно последовательности их выполнения.

Функциональная схема выполнения системоквантов строительного производства представлена на рис. 1.

Используя теорию и практику основных функциональных систем организма, можно сформулировать следующие положения:

- наличие приспособительного результата во всякой саморегулирующейся и самооргани-

$$I_n \rightarrow (TP + MЭ + TC)_1 = K_1(P_1) \rightarrow I_{n1} \quad (1)$$

где I_n – начальная информация о готовности фронта работ и проведении комплексной инженерной подготовки производства строительного процесса; TP – трудовые ресурсы; MЭ – материальные элементы; TC – технические средства; K_1 – конструктивный элемент; P_1 – результат выполнения системокванта; I_{n1} – информация о законченном конструктивном элементе или объекте; $\rightarrow$ – информационный сигнал.

Выполнение системокванта завершается выпуском строительной продукции – конструктивного элемента (K) и (или) получением результата (P), которые дают сигнал ($\rightarrow$) к формированию информации о конструктивном элементе (результате) и (или) об открытии фронта работ для выполнения следующего системокванта. Таким образом, выстраивается логическая цепочка системоквантов с промежуточными результатами и целями до достижения конечного общего результата (цели) ввода объекта (комплекса) в эксплуатацию.

Последовательность выполнения системоквантов строительных процессов можно представить в виде цепочки со звеньями, следующими одно за другим:

зующейся системе радикально ориентирует все потоки информации в системе на этот результат;

- любой элемент системы проводит или преобразует информацию только в эквиваленте какой-то доли этого результата;

- каждый элемент системы, информация которого не отражает параметров результата, делается помехой для системы и немедленно преодолевается пластическими перестройками всей системы в целом [2–4, 7].

Примеры организационно-технологических моделей поточного выполнения строительных

процессов на объектах (комплексах) можно объединить единой концепцией системоквантов, при которой для каждого системокванта проявляются узловые механизмы теории функциональных систем (афферентный синтез, принятие решения, акцептор результата действия и его оценка). Кроме того, все подобные примеры в строительном производстве свидетельствуют о многолетней апробации и подтверждении совместимости теории и практики поточного строительства, концепции системоквантов и основ-

ных положений теории функциональных систем, отмеченных П.К. Анохиным [3]: Проектирование системоквантов строительных процессов осуществляем по иерархическим уровням управления от низшего (рабочие, звенья, бригады, мастера) к среднему (прорабы, начальники участков) и высшему (генеральные, технические и др. директора СМО) (рис.1, 3.) на основе результативного подхода, саморегуляции, обратной афферентации (связи).

Цель – сдача объекта

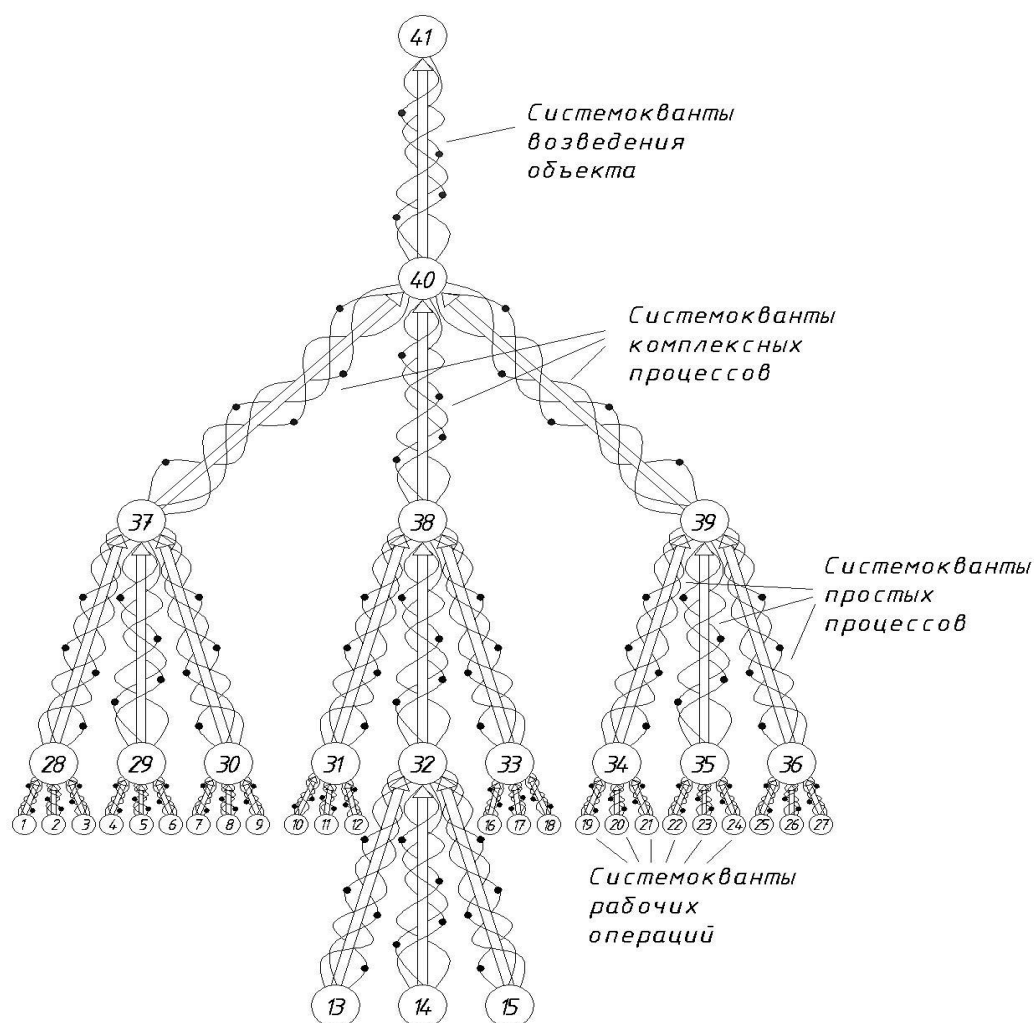


Рис. 1. Иерархическая структура (дерево целей) формирования системоквантов строительных процессов и объектов:

- — информационные векторы системоквантов, направленные на достижение цели (получение результата);
- кванты трудовых ресурсов, материальных элементов, технических средств, обвивающие информационные векторы по восходящим спиральям.

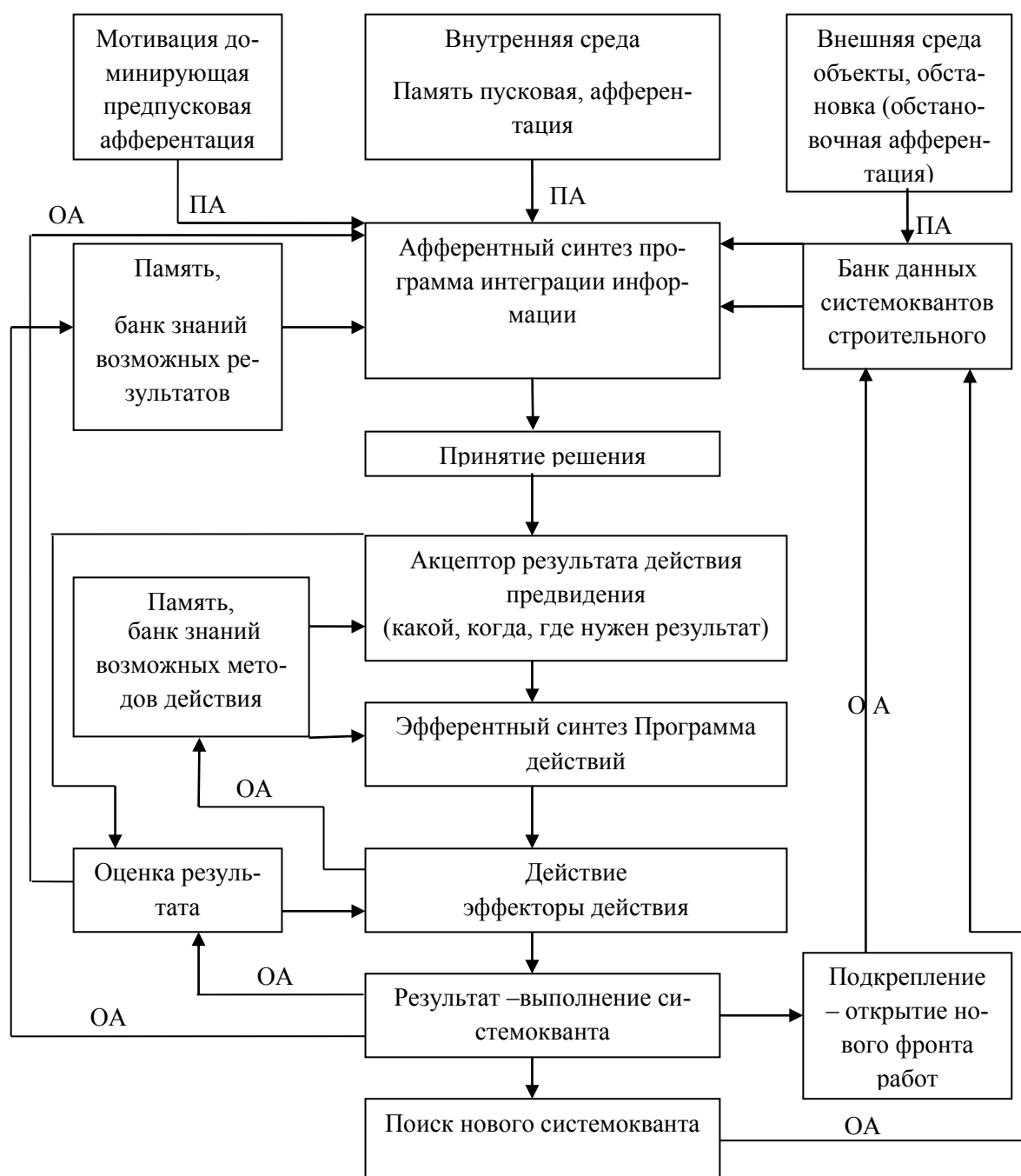


Рис. 2. Функциональная схема выполнения системоквантов строительного производства

Системокванты строительных процессов и объектов функционируют по торсинному принципу, мобилизуя свою деятельность для достижения оптимального результата на соответствующем иерархическом уровне. Этот принцип позволяет добиться высокой организационно-технологической надёжности и гомеостата строительного производства.

Торсинный принцип мобилизует составные компоненты системокванта на деятельность по возвращению отклонённого результата на заданный вектор, что сопровождается информационным сигналом (по аналогии с отрицательной или положительной эмоцией).

Эффективность функционирования системоквантов технологических процессов приводит

к сокращению сроков строительства за счет уменьшения или ликвидации простоев открытых фронтов работ трудовыми ресурсами (рис. 1, 2, 3). Экономический эффект подрядчика получается от уменьшения условно-постоянной части накладных расходов в связи с сокращением срока строительства. Заказчик получает эксплуатационный эффект при сокращении продолжительности строительства от функционирования системоквантов.

Системокванты строительных процессов могут формироваться на основе триггерных механизмов, т.е. переключаться с одной деятельности на другую.

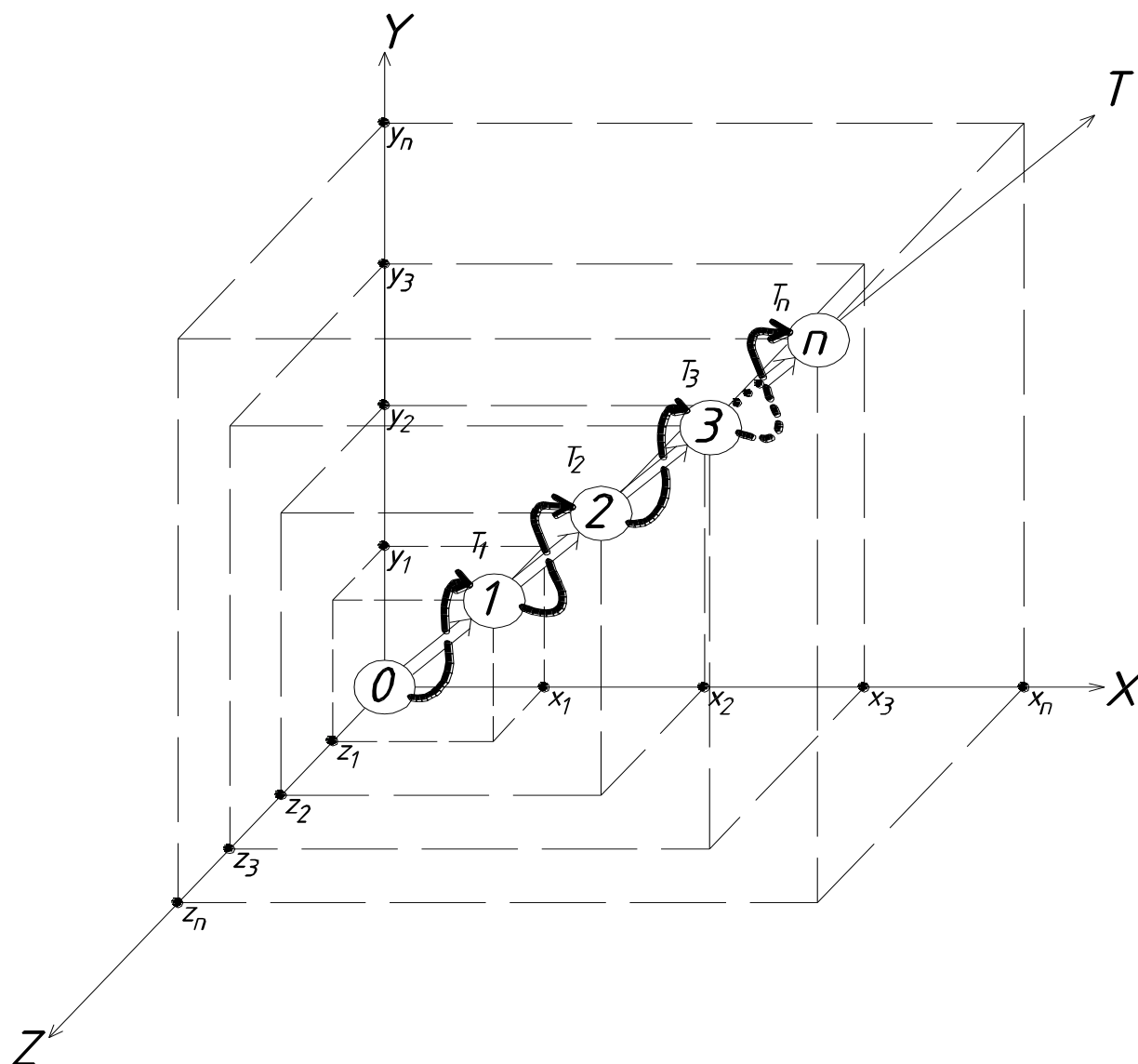


Рис. 3. Функционирование системоквантов строительных процессов «0-1-2-3-...-n» в координатах пространства x, y, z и времени T .

При проектировании и внедрении функциональных строительно-монтажных систем рассматриваем их совместно с принципом Гельфанда – Цейтлина о стремлении всякой системы поменьше общаться с внешним миром и меньше иметь внешних связей [4, 5, 6, 7].

Системокванты (организованные сущности с материальными, энергетическими и информационными свойствами) предполагают непрерывное развитие выполнения строительных процессов во времени и в пространстве с функционированием системы строительного производства строительно-монтажных организаций как самоорганизующейся, самонастраиваемой и самоуправляемой, гибкой, динамичной, надежной и устойчивой с достижением промежуточных и конечных результатов в виде конструк-

тивных элементов и в целом строительных объектов и комплексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Судаков К.В., Агаян Г.Ц. и др. Системокванты физиологических процессов.- М.: Межд. Гуманит. фонд арменоведения им. акад. Ц.П.Агаяна, 1997.
2. Судаков К.В. Теория функциональных систем. М.: 1996. 95с.
3. Анохин П.К. Избр. тр. Философские аспекты теории функциональной системы. – Изд-во «Наука» М., 1978. 400с.
4. Лебедев В.М. Основы системотехники строительного производства. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 324 с.

5. Лебедев В.М. Моделирование системоквантов строительного производства. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 265 с.

6. Лебедев В.М. Системокванты строительно-монтажной функциональной системы

производства: Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 266с.

7. Лебедев В.М. Системотехника и системокванты строительного производства. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 239 с.

Lebedev V.M., Volkov A.A.

SISTEMOKVANTOV EFFECTIVE FUNCTIONING OF THE CONSTRUCTION PROCESS

The stages of operation sistemokvantov construction processes and objects, shows the effectiveness of their use in the construction industry.

Key words: *sistemokvanty, information vectors, in-line construction, labor, material elements, technical equipment.*

Волков Андрей Анатольевич, доктор технических наук, профессор.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: volkov@mgsu.ru

Лебедев Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

tarmstu@yandex.ru

В статье рассмотрен вопрос об использовании теории нечеткой логики для математического моделирования оценки физического износа несущих конструкций или здания в целом. Теория нечеткой логики позволяет учесть размытость показателей физического износа несущих конструкций установленных в строительных нормативных документах. В модели учтены такие входные параметры, как фактическая степень повреждения конструкции и уровень профессионализма инженерно-технического персонала. В результате моделирования установлен диапазон степени повреждения несущих конструкций, в котором наиболее заметно влияние уровня профессионализма инженера при определении показателя физического износа несущих конструкций здания.

Ключевые слова: нечеткая логика, конструкции и здания, физический износ, уровень профессионализма инженера.

Введение. Оценка технического состояния и физического износа несущих конструкций и здания является задачей насущной. На практике возникает вопрос о корректном определении технического состояния и физического износа несущих конструкций и здания инженерно-техническим персоналом. На окончательный результат влияет много факторов: качество и количество информации полученной при обследовании конструкций и здания, качество анализа информации (уровень знаний и опыт инженерного персонала), фактическое состояние несущих конструкций здания и др. Корректное определение технического состояния и физического износа несущих конструкций здания позволяет сократить стоимость проектных, ремонтно-восстановительных работ, а также их сроки исполнения.

Основная часть. В большинстве случаев при назначении показателя физического износа несущих конструкций и здания в целом строительными организациями используется такой нормативный документ как ВСН 53-86(р) «Правила оценки физического износа жилых зданий». Например, при назначении показателя физического износа ленточных крупноблочных фундаментов согласно ВСН 53-86(р), инженер должен использовать таблицу 4, в которой указаны диапазоны физического износа (%) в зависимости от наличия фактических дефектов и повреждений у конструкции. Таким образом, при использовании данной таблиц нормативного документа инженер руководствуются наличием фактических дефектов и повреждений у конструкции, а также своими опытом и знаниями. Исходя из выше сказанного инженер может производить как завышение, так и занижение показателя физического износа отдельных конструкций и здания в целом.

По этой причине для оценки физического износа здания предлагается использовать теорию нечеткой логики. На сегодняшний день использование теории нечеткой логики популярно в различных областях строительной отрасли, например, данную теорию используют в моделировании сейсмических воздействий на конструкции [1], усталостных разрушений материалов [2], диагностики железобетонных и каменных конструкций [3, 4, 5], моделирование интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению состоянием конструкций [6]. Большинство работ посвященных оцениванию состояния несущих конструкций с помощью теории нечетких множеств не уделяют внимания уровню профессионализма инженерно-технического персонала, который в свою очередь может вносить вклад в оценку состояния конструкций.

Нечёткая логика – раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующейся на понятии нечёткого множества, впервые введенного математиком Заде в 1965 году как объекта с функцией принадлежности элемента к множеству, принимающей любые значения в интервале $[0,1]$, а не только 0 или 1. На основе этого понятия вводятся различные логические операции над нечёткими множествами и формулируется понятие лингвистической переменной, в качестве значений которой выступают нечёткие множества. Сегодня нечеткая логика рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования [7].

Для реализации математической модели была использована компьютерная программа Matlab (лицензия ТАН МГТУ им. Баумана № 906991), в частности уже со встроенным моду-

лем Fuzzy Logic Designer для создания моделей по теории нечеткой логики.

В качестве входных параметров модели было выбрано 2 нечетких лингвистических переменных: «Повреждение конструкции» (далее X_1)

и «Уровень профессионализма инженера (профпригодность)» (далее X_2). В качестве выходного параметра выбрана нечеткая лингвистическая переменная «Физический износ» (далее Y) (рис. 1).

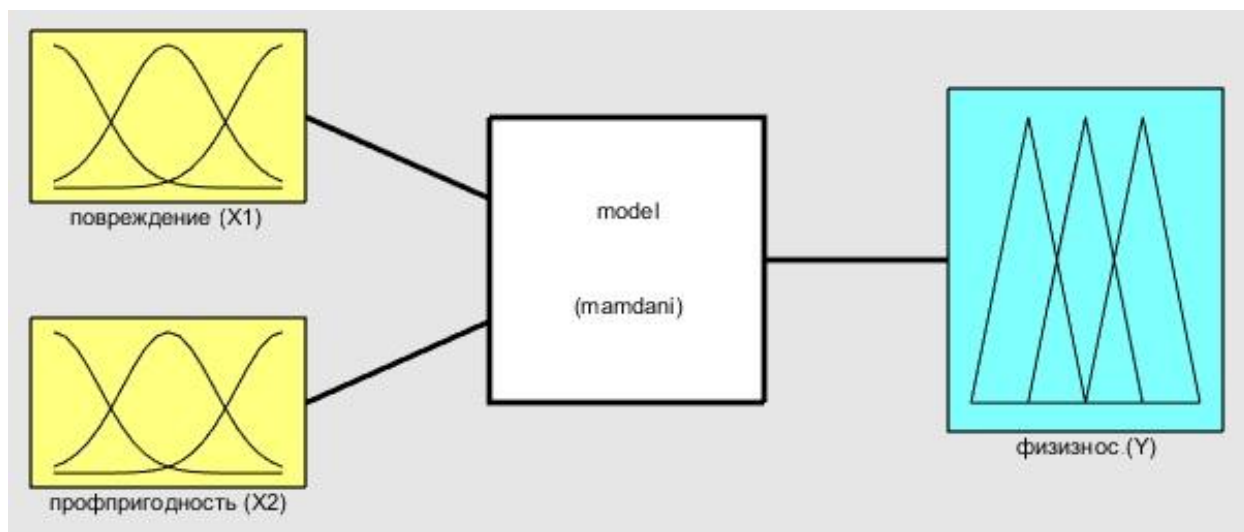


Рис. 1. Схема модели

Для входной переменной X_1 задавались три функции принадлежности, а именно: «слабое», «среднее» и «сильное». Функции принадлежно-

сти задавались гауссовским (gaussmf) типом (рис. 2). Диапазон изменения переменной – $[0,100]$.

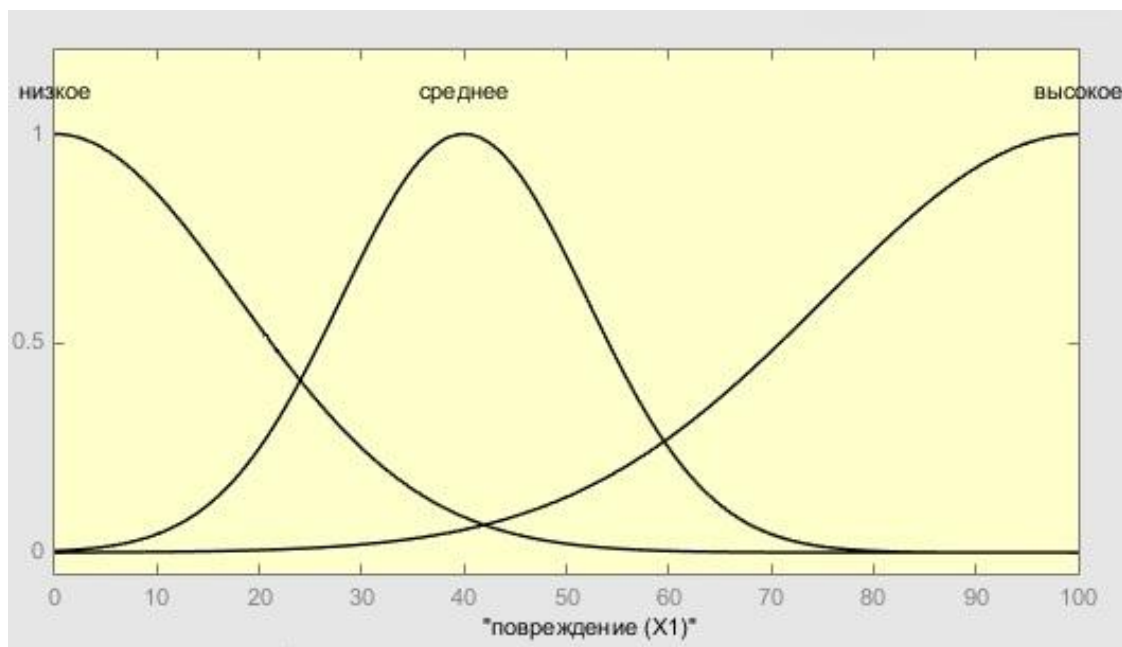
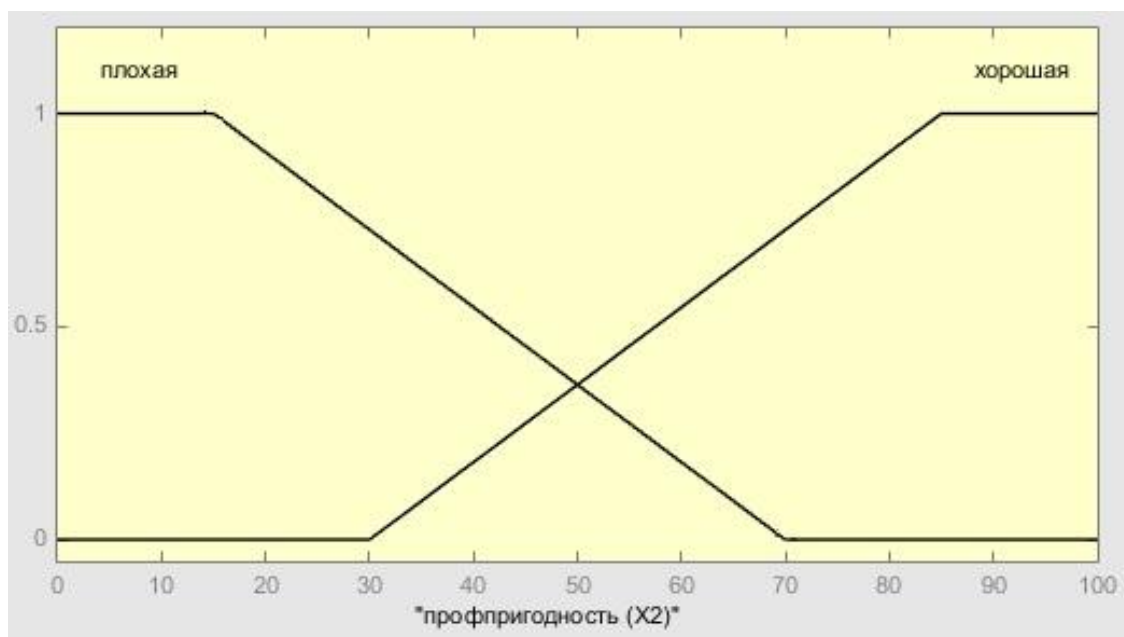


Рис. 2. Функции принадлежности входной переменной X_1

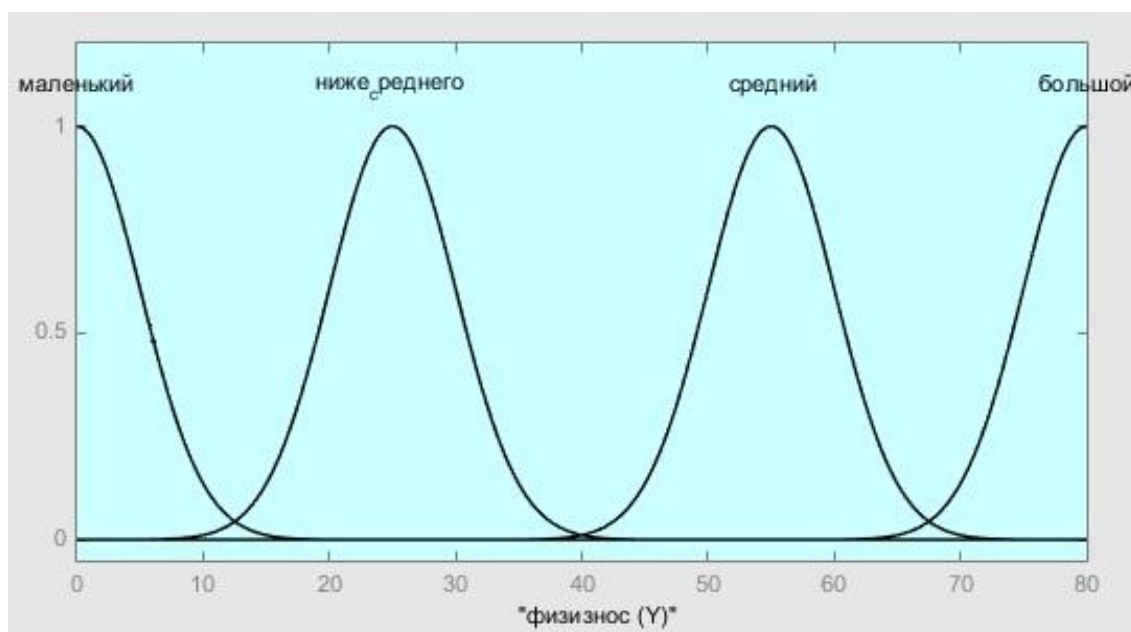
Для входной переменной X_2 задавались 2 функции принадлежности, а именно: «плохая» и «хорошая». Функции принадлежности задава-

лись трапецевидным (trapmf) типом (рис. 3). Диапазон изменения переменной – $[0,100]$.

Рис. 3. Функции принадлежности входной переменной X_2

Для выходной переменной Y задавались 4 функции принадлежности, а именно: «маленький», «ниже среднего», «средний», «большой».

Функции принадлежности задавались гауссовским (gaussmf) типом (рисунок 4). Диапазон изменения переменной – $[0,80]$.

Рис. 4. Функции принадлежности выходной переменной Y

Для данной модели использовался нечеткий вывод Мамдани со следующими параметрами:

- логическая операция И (And method) – *min*;
- импликации (Implication) – *min*;
- агрегации (Aggregation) – *max*;
- дефаззификации (Defuzzification) – *centroid*.

Двумерная зависимость «входы-выход» задавалась нечеткими правилами с логическими операциями И (And) с различными показателя

меры уверенности эксперта (весовой коэффициент). Список правил с учетом весовых коэффициентов (указаны в скобках) приведен ниже:

- ЕСЛИ повреждение **низкое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **маленький** (0.5);
- ЕСЛИ повреждение **низкое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **ниже среднего** (0.5);

- ЕСЛИ повреждение **низкое** И профпригодность **хорошая** ТО физический износ **маленький** (1);
- ЕСЛИ повреждение **среднее** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **ниже среднего** (0.25);
- Если повреждение **среднее** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **средний** (0.5);
- ЕСЛИ повреждение **среднее** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **большой** (0.25);
- ЕСЛИ повреждение **среднее** И профпригодность **хорошая** ТО физический износ **средний** (1);
- ЕСЛИ повреждение **высокое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **средний** (0.3);

– ЕСЛИ повреждение **высокое** И профпригодность **плохая** ТО физический износ **большой** (0.7);

– ЕСЛИ повреждение **высокое** И профпригодность **хорошая** ТО физический износ **большой** (1).

Результатом математической модели является поверхность «входы-выход» «Физический износ» (Y) зависящая от переменных: «Повреждение» (X_1) и «Уровень профессионализма инженера (профпригодность)» (X_2). Поверхность изображена на рисунке 5. Результаты дискретных значений выходной переменной Y в зависимости от дискретных входных переменных X_1 и X_2 приведены в таблице 1.

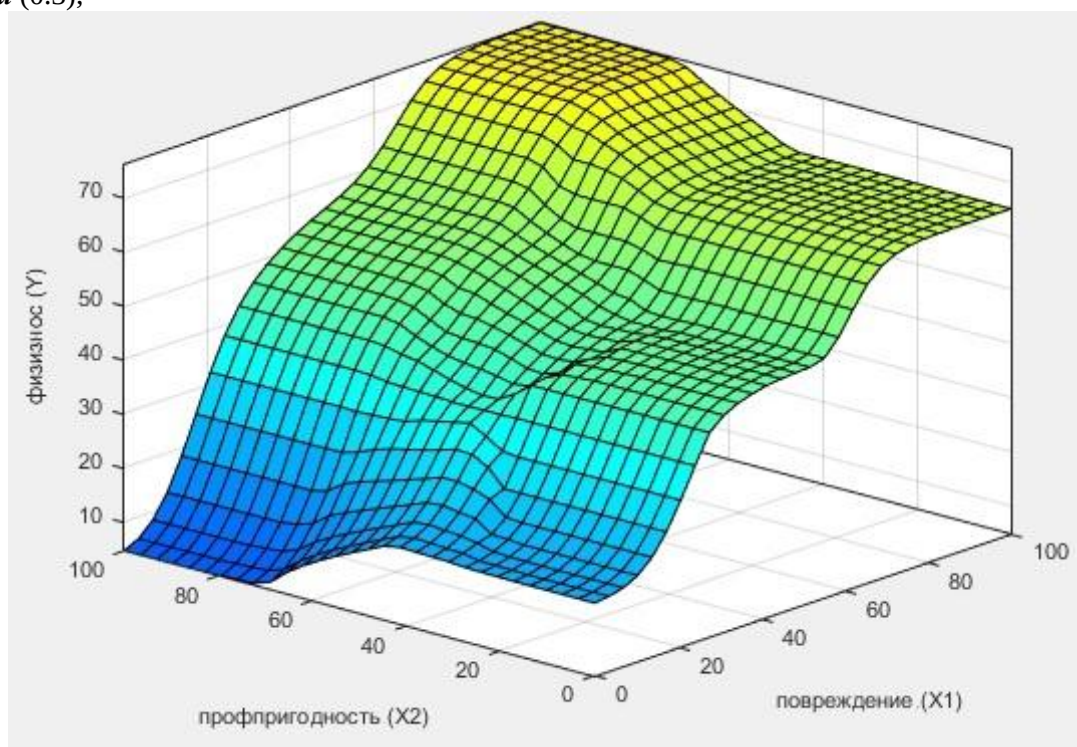


Рис. 5. Поверхность входы-выход

Из таблицы 1 видно, что физический износ (Y) завышается со снижением уровня профессионализма (X_2) в диапазоне от 0 до 20 % для уровня повреждения конструкции (X_1). Завышение составляет от 8% до 13 %, что является существенным, по мнению автора. В диапазоне с 20 до 60 % для переменной X_1 наблюдаются приблизительно равные показатели физического износа (Y) конструкции для различных значений входной переменной X_2 (разница для переменной Y составляет от 3% до 6 %). Начиная со значения 70 % для степени повреждения конструкции (X_1) происходит занижение показате-

лей физического износа (Y) в зависимости уровня профессионализма (X_2) (разница для переменной Y составляет 8-11%). Таким образом, существенным расхождением в показателе физического износа в зависимости от уровня профессионализма инженера является диапазон повреждения конструкции с 5% до 20%. В данном диапазоне неопытный инженер может завысить показатель физического износа, что в итоге скажется на стоимости ремонтно-восстановительных работ и сроках их исполнения.

Таблица 1

Зависимость физического износа от степени повреждения конструкции и уровня профессионализма инженера

Повреждение конструкции (X_1), %	Физический износ (Y), %				
	Профессиональная пригодность (X_2), %				
	0	25	50	75	100
0	18	18	16	5	5
10	21	21	22	13	12
20	31	31	34	31	31
30	44	44	40	45	45
40	47	47	46	52	52
50	48	48	50	56	56
60	54	54	56	62	62
70	63	63	64	71	71
80	65	65	66	76	76
90	65	65	66	76	76
100	65	65	66	76	76

Выводы. Разработанная математическая модель на базе теории нечеткой логики позволяет определить показатель физического износа несущих конструкций или здания при техническом обследовании. Данная модель вычисляет показатель физического износа по схеме Мамдани в зависимости от двух входных переменных (степень повреждения конструкции и уровень профессионализма инженера-обследователя) и выходной переменной (физический износ). Анализ результатов моделирования показал, что уровень профессионализма инженера-обследователя влияет на определение показателя физического износа несущих конструкций. Повреждение несущих конструкций здания в диапазоне от 5 до 20 % является наиболее уязвимым с точки зрения определения показателя физического износа несущих конструкций и здания неопытным инженером. Завышение показателя физического износа может составлять до 13 %. Данная модель может найти применение в практическом применении в строительных и эксплуатирующих здания организациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pakdamar F., Guler K. Fuzzy logic approach in the performance evaluation of reinforced concrete structures (flexible performance) [Электронный ресурс]. Системные требования:

AdobeAcrobatReader.

URL:

http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_05-03-0100.PDF (дата обращения: 11.08.2016)

2. Bowman M.D., Nordmark G.E., Yao J.T.P. Fuzzy logic approach metals fatigue // International Journal of Approximate Reasoning. April 1987. P. 197–219.

3. Минамото А. Фазитеория для цемента и бетона. Перевод с японского языка Возняк В.М. М. 1992. 17 с.

4. Яловая Ю.С. Оценивание технического состояние конструкции по результатам натурных наблюдений с использованием теории размытых множеств // Вестник Брестского государственного технического университета. 2013. №1. С. 149–153.

5. Shtovba S., Rotshtein A., Pankevich O. Fuzzy rule based system for diagnosis of stone construction cracks of buildings // Advances in Computational intelligence and learning, methods and applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 2002. P. 401–412

6. Величкин В.З., Солдатенко Т.Н. Модель интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению состоянием строительных конструкций зданий // Инженерно-строительный журнал. 2012. №3. С. 74–81.

7. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.

Tararushkin E.V.**USE OF FUZZY LOGIC FOR ASSESSMENT OF DAMAGE STRUCTURES OF BUILDINGS**

This article describes of use of the theory of fuzzy logic for mathematical modeling of assessment of damage of designs of the building in general is considered. The theory of fuzzy logic allows considering blurring of indicators of a damage of structures established in civil engineering regulating documents. In model such input parameters as the actual damage rate of a design and level of engineering skills are considered. As a result of modeling the range of a break rate of structures in which influence of level of engineering skills in case of a measure definition of damage of structures of the building is the most noticeable is established.

Key words: *fuzzy logic, structures of buildings, damage of structures, level of engineering skills.*

Тарарушкин Евгений Викторович, ассистент кафедры строительные материалы и технологии

Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II

Адрес: Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

E-mail: tarmstu@yandex.ru

Фролов Н.В., ассистент,
Полоз М.А., аспирант,
Колесникова Е.Г., студентка

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ АРМОБЕТОННЫХ БАЛОК С ДВУХРЯДНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ СТЕРЖНЕЙ СТАЛЬНОЙ И СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ

frolov_pgs@mail.ru

В статье приводятся результаты контрольных испытаний на статический изгиб образцов армобетонных балок, у которых в растянутой зоне стержни стальной и стеклопластиковой арматуры расположены в два ряда с соотношением площадей сечений 50/50. Помимо этого для сравнения приведены данные об экспериментальных исследованиях эталонных образцов железобетонных балок с таким же суммарным содержанием растянутой арматуры. Установлено, что образцы балок с комбинированным армированием способны воспринимать большую нагрузку, но при этом обладают меньшей жесткостью и трещиностойкостью. Разрушение таких изгибаемых элементов происходит по наклонному сечению, чему в работе дается ряд объяснений. Для дальнейших исследований предлагается понизить содержание в сечении растянутой стеклопластиковой арматуры до 30 % от общего количества.

Ключевые слова: стеклопластиковая и стальная арматура, армобетонная балка, эталонный образец, разрушающая нагрузка, нормальная и наклонная трещина.

Введение. Способность изгибаемых железобетонных элементов сопротивляться комплексному воздействию агрессивных и силовых факторов во многом определяется сохранностью в них растянутой стальной арматуры, в которой, при определенных условиях, могут интенсивно протекать коррозионные процессы, что уменьшает содержание рабочей арматуры в сечении и ухудшает ее деформативно-прочностные свойства. Как отмечено в работе [1], коррозионные повреждения арматурной стали являются одной из главных причин снижения долговечности железобетона.

Повысить долговечность армобетонных конструкций можно с помощью неметаллической полимеркомпозитной арматуры, которую в целом перечне нормативных документов рекомендуется применять в бетонных конструкциях при эксплуатации в агрессивных средах [2]. Однако, применение такого типа арматуры в отечественной практике строительства невелико по сравнению с соответствующим опытом стран Западной Европы и Северной Америки, а также Японии. Это объясняется излишним консерватизмом в данной области, малым количеством экспериментально-теоретических исследований армобетонных конструкций с полимеркомпозитной арматурой и самое главное отсутствием свода правил по их расчету и проектированию. В этой связи исследования, направленные на поиск эффективных путей частичного либо полного замещения в железобетонных элементах

стальной арматуры на полимеркомпозитную выглядят актуальными.

На сегодняшний день для внутреннего полимеркомпозитного армирования ограждающих и несущих конструкций используется стержневая стеклопластиковая арматура. Хотя находят применение и другие виды полимеркомпозитной арматуры (базальтопластиковая, арамидопластиковая и углепластиковая).

Промышленностью выпускается широкая номенклатура стержневой стеклопластиковой арматуры. В работах [3, 4, 5] определено, что она обладает стойкостью к щелочной среде бетона и стойкостью к агрессивному воздействию сульфатов и хлоридов, имеет высокую прочность при растяжении, неэлектропроводна, диамагнетик, имеет реологические свойства, нетеплопроводна и не теряет свои прочностные свойства при сверхнизких температурах. В тоже время имеются следующие недостатки: низкий модуль упругости при растяжении, относительно малая огнестойкость, нецелесообразность применения в сжатой зоне бетона, сложность устройства соединений стержней.

Из работ [6, 7], с учетом ранних авторских исследований [8], установлено, что армобетонные балки, содержащие в растянутой зоне только стеклопластиковую арматуру обладают намного меньшей несущей способностью, жесткостью и трещиностойкостью, чем железобетонные балки. Таким образом, в изгибаемых железобетонных элементах замена стальной арматуры на стеклопластиковую аналогичной пло-

щади не эффективна. В данной работе ставится цель: на основании экспериментальных исследований оценить показатели напряженно-деформированного состояния образцов армобетонных балок, у которых в растянутой зоне стержни стальной и стеклопластиковой арматуры расположены в два ряда с соотношением площадей сечений 50/50 и сравнить их с соответствующими показателями эталонных железобетонных образцов.

Методология. Контрольные испытания образцов армобетонных балок на статический изгиб осуществлялись в соответствии с основными положениями ГОСТ 8829 на электромеханической универсальной разрывной машине марки Р-5. Деформации крайнего фибрового волокна бетона сжатой зоны изгибаемых элементов определялись при помощи индикатора часового типа ИЧ-1. Деформации балок в пролете и на опорах фиксировались при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10.

Для более точного контроля образования и развития трещин одна из боковых поверхностей экспериментальных образцов была покрыта двумя слоями раствора строительной извести. В последующем на этой грани маркерами обозначено положение стержней стальной (красный цвет) и стеклопластиковой (зеленый цвет) арматуры.

Испытания образцов балок до разрушения проводились ступенчатым нагружением с выдержкой на каждом этапе 7–8 минут.

Основная часть. В контрольных испытаниях на статический изгиб опытными образцами выступали армобетонные балки с поперечным сечением 80×120 мм и длиной 1200 мм, в растянутой зоне армированные стержнями стальной арматуры класса по прочности на растяжение А400 (ГОСТ 5781) и стержнями стеклопластиковой арматуры с песчаным покрытием ROCKBAR (ООО «Гален»). Данные о маркировке и принятом продольном армировании сечений образцов балок указаны в таблице 1. Поперечное армирование всех балок выполнено стержнями стальной арматуры класса А400 диаметром 6 мм с шагом 80 и 100 мм (рис. 1).

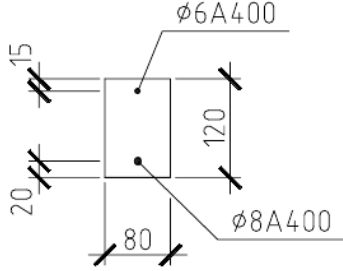
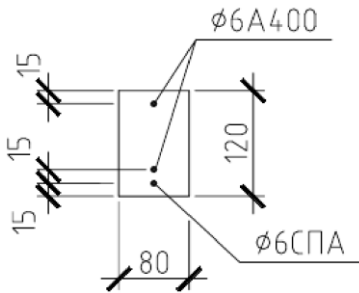
Соединения стальных и стеклопластиковых стержней в плоских каркасах выполнялись при помощи вязальной оцинкованной проволоки диаметром 0,9 мм (рис. 2, а).

Все образцы балок были изготовлены из однопартийного тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30 и до испытаний выдержаны 28 суток при нормальных условиях твердения.

Общий вид образцов балок при испытаниях показан на рис. 2, б.

Таблица 1

Маркировка образцов балок и характеристики продольного армирования

Маркировка образцов	Схема продольного армирования сечений	Армирование, см ²		Примечание
		Растянут. зона	Сжат. зона	
		A_{st} / A_{ft}	A_{sc}	
БМ1; БМ2		0,503 / 0,000	0,283	Исходное металлическое армирование
БС1; БС2		0,283 / 0,255	0,283	Комбинированное армирование

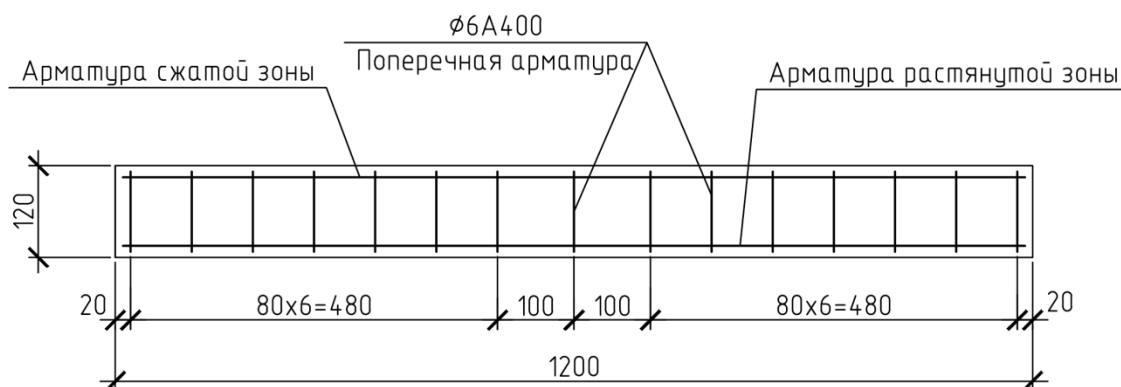


Рис. 1. Схема поперечного армирования образцов балок

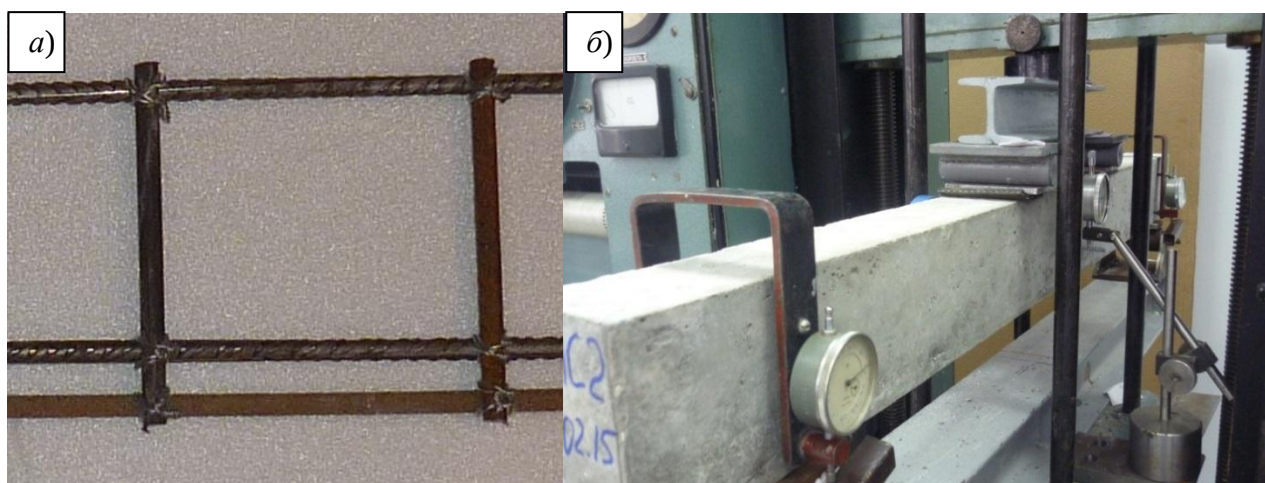


Рис. 2. Соединения стержней арматуры вязальной проволокой (а) и общий вид образцов балок при испытаниях (б)

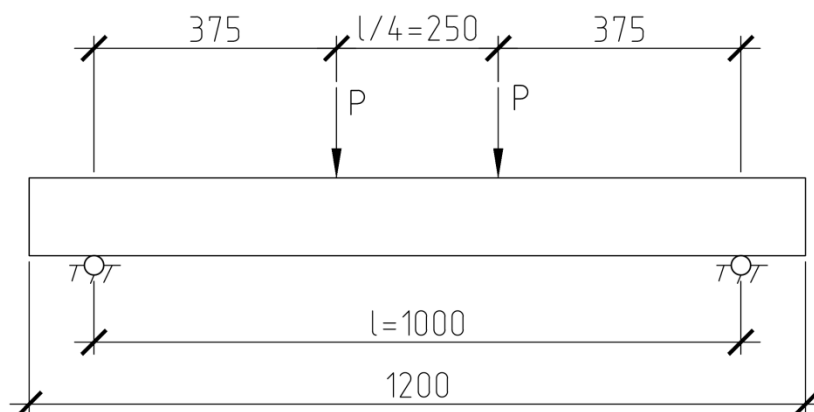


Рис. 3. Схема опирания и нагружения образцов балок

Схема опирания и нагружения образцов (рис. 3) — балка, свободно опертая по двум сторонам и нагруженная двумя сосредоточенными силами с образованием в пролете зоны чистого изгиба $l/4$ (l — расстояние между опорами).

Ввиду конструктивных особенностей устройства испытательного оборудования участок появления и развития нормальных трещин оказался в зоне ограниченной видимости, что не позволило использовать микроскоп МПБ-2 для контроля ширины раскрытия трещин. Также не удалось анализировать характер изменения от-

носительных деформаций бетона сжатой зоны в связи с неполадками датчика ИЧ-1 при испытаниях.

Результаты испытаний всех образцов балок на изгиб после аналитической обработки представлены в табл. 2.

Характер трещинообразования и разрушения образцов балок показан на рис. 4.

Испытаниями установлено, что у эталонных железобетонных балок в растянутой зоне первые нормальные трещины появляются при нагрузке равной 31 % от разрушающей. Второй этап их

появления соответствует нагрузке 40–41 % от разрушающей. В дальнейшем, до разрушения балок идет раскрытие и развитие только нормальных трещин, появившихся на первых этапах, без образования наклонных трещин. Количество трещин у образцов БМ1 и БМ2 равно 7. Они расположены на расстоянии 85–100 мм

друг от друга. Разрушение обоих образцов балок сопровождалось выкрашиванием бетона сжатой зоны (разрушение по бетону). Значения прогибов таких балок в середине пролета при нагрузке равной разрушающей находятся в диапазоне (1/69–1/72) l .

Таблица 2

Результаты испытаний образцов балок на изгиб

Параметр исследования	Маркировка образцов балок			
	БМ1	БМ2	БМС1	БМС2
Разрушающая нагрузка P_u , кН	16.58	17.17	18.54	18.17
Нагрузка при образовании первой трещины $P_{срс}$, кН	5.12	5.32	4.81	5.45
Нагрузка при $f = l/120$, кН	16.29	16.74	14.67	14.91
Прогиб при нагрузке P_u , мм	13.95	14.46	19.25	18.11
Прогиб при нагрузке $0.67P_u$, мм	2.60	3.08	6.21	5.85
Количество трещин, шт.	7	7	7	8
Максимальная высота развития трещин, мм	101	103	104	102
Характер разрушения	Разрушение по нормальному сечению с выкрашиванием бетона сжатой зоны		Разрушение по наклонному сечению с глубокими повреждениями бетона растянутой зоны	

В ходе испытаний образцов балок с комбинированным армированием выявлено, что у них первые трещины образуются на этапе нагружения соответствующем 26–30 % от разрушающей нагрузки. Характер трещинообразования у образцов БМС1 и БМС2 следующий: первыми в зоне чистого изгиба появляются нормальные трещины, затем при нагрузке примерно 60 % от разрушающей на расстоянии $l/4$ от опор появляются наклонные трещины. В дальнейшем, с увеличением нагрузки активное развитие нормальных трещин прекращается, а интенсивное раскрытие и развитие наклонной трещины по сечению к месту приложения сосредоточенной силы приводит к разрушению образцов. Разрушение по наклонному сечению не наблюдалось в схожих исследованиях [9, 10]. Данное явление может быть объяснено малой жесткостью соединений стержней стальной поперечной и продольной стеклопластиковой арматуры, недостаточной интенсивностью поперечного армирования и низким модулем упругости стеклопластиковой арматуры, и как следствие повышенной деформативностью образцов. У обеих балок образовалось по 7–8 трещин удаленных друг от друга на расстоянии 75–110 мм.

Среднее значение разрушающей нагрузки образцов балок с комбинированным армированием растянутой зоны на 8,8 % выше, чем у эталонных железобетонных балок. Стеклопластиковая арматура при разрушении балок работает в условиях среза, что приводит к глубоким повреждениям бетона нижней растянутой грани.

Прогибы в середине пролета балок БМС1 и БМС2 в момент их разрушения находятся в диапазоне значений (1/62–1/66) l и на всех этапах деформирования выше, чем у балок со стальной арматурой. Так, при значении нагрузки $0.67P_u$ прогибы больше в 1,9–2,4 раза. Деформативность образцов балок с включениями стержней стеклопластиковой арматуры резко увеличивается сразу после появления нормальных или наклонных трещин.

При максимально допустимом относительном прогибе изгибаемых элементов, в соответствии с СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия» равном $1/120$ от расчетной величины пролета, предельная нагрузка исследуемых балок с комбинированным армированием снижается в 1,2–1,3 раза, что на 12% меньше соответствующего среднего значения эталонных образцов. Таким образом, на несущую способность этих балок

гораздо большее влияние оказывает не прочность полимеркомпозитной арматуры, а ее ко-

личество и низкий (порядка 50 ГПа) модуль упругости.

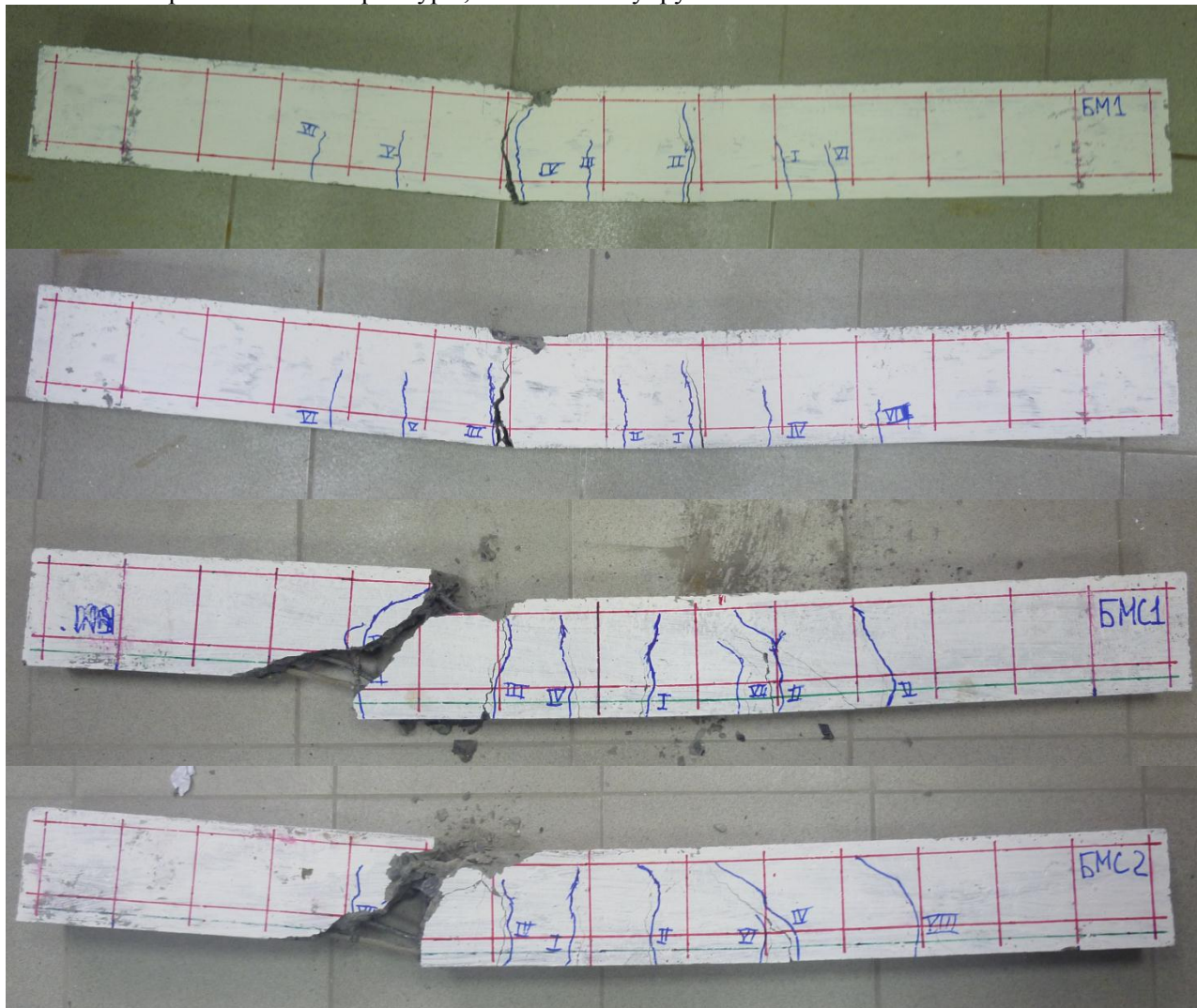


Рис. 4. Характер трещинообразования и разрушения образцов балок, соответственно сверху вниз : BM1, BM2, BMC1 и BMC2

Выводы. На основании анализа результатов испытаний следует отметить, что образцы армобетонных балок с двухрядным расположением в растянутой зоне стержней стальной и стеклопластиковой арматуры с соотношением площадей сечений 50/50, по сравнению с эталонными железобетонными образцами, способны воспринимать большую нагрузку, но при этом обладают меньшей жесткостью и трещиностойкостью. Поэтому предлагается понизить содержание в сечении растянутой стеклопластиковой арматуры до 30 % от общего количества. Особенности работы таких конструкций под нагрузкой будут определены и изучены авторами в ходе проведения дальнейших экспериментально-теоретических исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Дронов В.И., Дронов А.В., Меркулов С.И. Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 25–27.
2. Римшин В.И., Меркулов С.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38–42.
3. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю. Неметаллическая композитная арматура для бетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 45–47.
4. Римшин В.И., Меркулов С.И. О Нормировании характеристик стержневой неметаллической композитной арматуры // Промышленное

и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 22–26.

5. Кустикова Ю.О. Состояние вопроса по применению неметаллической арматуры в бетоне // Естественные и технические науки. 2015. № 11. С. 554–556.

6. Селяев В.П., Соловьев А.А., Парамонов Р.Н., Алимов М.Ф., Шабаев И.Н. Работа балок, армированных композитной стеклопластиковой арматурой // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 67–73.

7. Хишмах М., Маилян Д.Р., Польской П.П., Блягоз А.М. Прочность и деформативность изгибаемых элементов из тяжёлого бетона, армированных стеклопластиковой и стальной арматурой // Новые технологии. 2012. № 4. С. 147–152.

8. Фролов Н.В. Экспериментальные исследования образцов армобетонных балок, в растянутой зоне армированных стеклопластиковыми стержнями // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 46–50.

9. Маилян Д.Р., Польской П.П., Мерват Х., Кургин К.В. О прочности балок из тяжелого бетона при использовании стальной, углепластиковой и комбинированной арматуры, расположенной в два ряда // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 27. № 4. С. 212.

10. Маилян Д.Р., Польской П.П., Мерват Х., Кургин К.В. О деформативности изгибаемых элементов из тяжелого бетона при двухрядном расположении углепластиковой и комбинированной арматуры // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 27. № 4. С. 211.

Frolov N.V., Poloz M.A., Kolesnikova E.G.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF SAMPLES OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH A DOUBLE ROW ARRANGEMENT IN THE TENSION AREA OF THE RODS OF STEEL AND GLASS PLASTIC REINFORCEMENT

In the article are given the results of monitoring tests for static bend of the models of the reinforced concrete beams, in which in the tension area the rods of steel and glass-plastic reinforcement are located in two rows with the relationship of sectional areas 50/50. Besides of this for the comparison they are given the data about the experimental the studies of the standard models of ferroconcrete beams with the same total maintenance of the extended of reinforcement. Established that the models of beams with the combined reinforcement are capable of receiving large load, but in this case they possess smaller hardness and resistance to cracks. The destruction of such bent elements it occurs over the oblique section, to what in the work is given a number of explanations. For further studies it is proposed to lower the content in the section of the extended glass-plastic reinforcement to 30 % of the total number.

Key words: *glassplastic and steel reinforcement, reinforced concrete beam, standard model, breaking load, normal and inclined crack.*

Фролов Николай Викторович, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: frolov_pgs@mail.ru

Полоз Максим Александрович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: max.poloz@inbox.ru

Колесникова Елена Геннадьевна, студентка кафедры стратегического управления.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: star.rjktc@yandex.ru

АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЖИЛЫХ ДОМОВ МАССОВЫХ СЕРИЙ

arteria05@mail.ru

Статья посвящена проблеме модернизации фасадов жилых домов массовых серий посредством обновления их колористического решения. Рассматривается отечественный и зарубежный опыт применения суперграфики на фасадах, а также ее эффективность в методике поддержания жилых зданий с большим моральным износом. Освещаются основные аспекты программы капитального ремонта жилья в России (на примере городов Москва и Белгород), ее значимость для перспективного развития жилых массивов. Устанавливается, что капитальный ремонт фасадов жилых домов массовых серий, а также изменение их колористического решения замедляют моральный и физический износ зданий, способствуют развитию придомовой территории, благоустройству дворов. Все эти меры, приобретая комплексный характер, служат гуманизации среды в целом.

Ключевые слова: моральный износ, реновация, суперграфика, дизайн-код, капитальный ремонт.

Будущее жилых домов массовых серий привлекает все большее внимание, особенно в условиях гуманизации городской среды. Именно поэтому тема их обновления становится более актуальной для современных российских городов. В настоящее время свыше 50 % городского жилищного фонда приходится на дома, построенные по типовым проектам первого (1959–1966 гг.), второго (1967–1970 гг.) и третьего поколений (после 1971 г.). Одна из важнейших проблем, стоящих сейчас перед большинством российских городов – проблема «старения», большого морального и физического износа домов первых массовых серий, так называемых «хрущевок» (моральный износ жилого фонда понимается как изменение первоначальной стоимости при переводе ее в современную стоимость. Размер уменьшения стоимости и есть мера количественной оценки морального износа). На сегодняшний день срок жизни первых построек практически исчерпан [1].

Стоит отметить, что 5-этажные жилые дома составляют весомую долю в общем жилом фонде городов. Однако их плачевное состояние как в инженерно-техническом, так и архитектурно-градостроительном плане является «очагом деградации» целых жилых районов и массивов. Можно отметить определенную градостроительную ущербность кварталов массовой жилой застройки:

1. строчная застройка без организации дворов;
2. одинаковая этажность жилых зданий, занимающих целые кварталы и микрорайоны;
3. относительно небольшая плотность застройки;
4. низкие потребительские качества жилых 5-этажных домов (отсутствие лифтов, мусоро-

проводов, балконов/лоджий, невыразительная архитектура и пластика фасадов);

5. неблагоустроенность, запущенность и хаотичность в организации дворовых пространств [2].

Таким образом, для реабилитации пятиэтажных жилых зданий требуется их комплексное обновление. В настоящее время существуют различные подходы к реновации пятиэтажной застройки, в том числе учитывающих богатый зарубежный опыт (реконструкция (полная или частичная), реставрация, комплексная реновация, редевелопмент, полный или частичный снос). Все эти подходы различаются по степени кардинальности, экономической целесообразности и, как следствие, экономическому эффекту.

При выборе концепции реконструкции (дома, квартала) необходима оценка градостроительной ситуации. Реальная оценка существующих экономических и социальных условий свидетельствует, что масштабные реконструктивные мероприятия могут проводиться только с привлечением внебюджетных инвестиций, на основе окупаемости всех или значительной части затрат [3].

Несмотря на существенные достоинства методов радикальной реконструкции жилых домов, можно с уверенностью предположить, что в ближайшее время они будут использованы лишь в исключительных случаях: в зонах с особо высокой ценой земли или в ситуациях, когда изменение объемов застройки продиктовано градостроительными соображениями.

В условиях российской провинции наиболее доступным методом обновления сложившейся застройки является капитальный ремонт фасадов пятиэтажных жилых домов с заменой их инженерного оборудования и сопутствующих

инфраструктур, т.н. *метод поддержания*. Метод поддержания подразумевает капитальный ремонт зданий, модернизацию с заменой инженерного оборудования, ремонта крыш, козырьков и балконов и выполнением усиления (без расселения). Для предотвращения угрожающего зданиям ускоренного износа проводятся ремонтные работы по ликвидации уже накопленных повреждений и по устранению основных причин их накопления. Однако необходимо понимать, что капитальный ремонт проблему в целом не решает, а лишь отодвигает ее решение на более поздние сроки (10–15 лет) [4].

Проблема модернизации панельных зданий актуальна на всем постсоветском пространстве и в странах Европы. В странах Западной Европы в настоящее время строительство жилых крупнопанельных зданий практически прекращено. Это явилось следствием насыщения жилищного рынка и возросших требований к качеству и комфорту жилья, которым крупнопанельное домостроение перестало удовлетворять. К началу 80-х гг. стало очевидным моральное старение

жилых домов, возведенных по первым типовым проектам. Были разработаны специальные программы по модернизации этого жилищного фонда, реализация которых осуществлялась при государственной поддержке и финансировании. В середине 90-х гг. в большинстве Европейских стран в целом был завершен процесс реабилитации 4–5-этажных крупнопанельных жилых домов [5].

В ходе реабилитации также применялся метод обновления колористического решения фасадов, включающий различные подходы:

- *полихромия* (палитра и структура) проявляет пластику фасадов объекта, нивелировать или создавать визуальную новую форму, создавать новый ритм, новые акценты в цветовом контексте архитектурного окружения, устранять монотонность фасадов отдельных зданий [6]. Также полихромия может акцентировать или корректировать отдельные части фасада, изменять масштаб членений, создавать новую визуальную трактовку фасада (суперграфика) (рис. 1);



Рис.1. Полихромия на фасадах жилых домов

- *наложение фасада (или фасадов) на основной фасад здания* позволяет зрительно превратить протяженное здание одной этажности в здание «смешанной» этажности. Дух места, исторические корни, традиции в очертаниях типичных форм и использование традиционных материалов присущих только той архитектурной стилистике в которую вписывается объект. Использование плитки под старинную кирпичную кладку в панельном домостроении в Европе;

- *«растворение» фасадов объекта в природной среде с помощью суперграфики*. Зависит от конкретного колористического контекста, в

который помещен объект. Необходима творческая трактовка существующего цветового контекста, что позволяет вписать объект, основываясь и на других факторах : истории, функции участка, застройки и т.д.;

- *решения, основанные на цветовых нюансах или контрастах с использованием существующего конструктива*.

В рамках акупунктурных (точечных) преобразований ремонт фасадов также довольно широко применяется во многих странах мира [7]. К примеру, в Бразилии таким способом обновляются фавелы (рис. 2) [8].



Рис. 2. Обновленные фасады бразильских фавел

На постсоветском пространстве наибольшую популярность в обновлении облика жилых домов получила суперграфика на фасадах. Условно суперграфика – искусство художественно-декоративного оформления архитектурных сооружений. Впервые этот термин был использован американским архитектором Чарльзом Муром в 70 годы XX столетия [9]. Зародившись как способ обновления маловыразительных архитектурных сооружений, суперграфика успешно завоевала своё место среди проектно-художественных средств архитекторов и дизайнеров. Своим выходом в свет она обязана различным творческим направлениям в живописи, дизайне, архитектуре, господствовавшим в начале XX века. Можно выделить два её аспекта: геометрический и живописный. Геометрическому аспекту уделяли внимание такие творческие деятели, как группа «Де Стил», Казимир Малевич, Бруно Таут, Яков Черников и другие. Живописному дали рождение пуантилисты, подхватили футуристы и Антонио Гауди, Василий Кандинский, Пауль Клее, Жан Арп и другие [10].

Современные варианты решения фасадов в технике суперграфики являются очень спорными. Зачастую, колористическое решение типовых домов также становится типовым (хотя изначально претендует на оригинальность), скучным, неуместным, противоречащим городскому контексту. Таким образом, неудачные примеры решения фасадов в технике суперграфики «разрывают», нарушают целостность городской ткани. Это свидетельствует о том, что не только конструктивное, но и художественное оформление фасадов требует тактичного и профессионального подхода [11].

Реставрация фасадов жилых домов (в том числе пятиэтажных), основанная исключительно на изменении колористического решения, является очень спорным вопросом в профессиональной архитектурной среде. Многие практикующие архитекторы скептически относятся к тако-

му решению проблемы, называя данный метод «фасадизмом»! [12]. К сожалению, экономические реалии провинциальных российских городов таковы, что стоимость сноса пятиэтажных домов является непосильной для муниципальных бюджетов, а надстройка или пристройка новых площадей не имеет положительного экономического эффекта и является инвестиционно непривлекательной. Для получения экономического эффекта необходимо увеличение общей площади, квартир и помещений общественного назначения до 2–2,5 раз. Совершенно ясно, что одной лишь надстройкой жилого 5-этажного дома такого результата далеко не всегда можно добиться. Даже если усилить фундаменты и стены, или опирать надстройку на автономные пилоны (что само по себе ведет к дополнительным затратам и уменьшению экономической эффективности), препятствием может выступать градостроительная ситуация по условиям инсоляции и освещенности. Экономического эффекта и существенных улучшений параметров жилой среды можно добиться только вовлекая в реконструкцию не отдельные дома, а группы домов, кварталы, микрорайоны. В этом случае могут быть использованы ресурсы территории и те возможности, которые заложены в застройке [1].

Именно поэтому решение проблемы развития этих районов настолько однозначно – капитальный ремонт фасадов представляется единственно возможным инструментом приостановки деградации пятиэтажных жилых массивов. В настоящее время на федеральном уровне действует масштабная Программа капитального ремонта жилых домов, запущенная в 2014 году [10]. Она предусматривает замену инженерно-технического оборудования домов, их санацию – комплекс строительно-монтажных работ, проводимых в целях восстановления или улучшения первоначального технического состояния дома а также улучшения условий проживания на длительный срок, устойчивой экономии энергоре-

сурсов, сокращения потерь и повышения рыночной стоимости жилья. Важным аспектом в рамках программы выступает разработка нового колористического решения фасадов.

Так, в Москве реализуется Государственная программа города Москвы "Жилище" на 2012–2018 годы утвержденная постановлением Правительства Москвы от 27.09.2011 № 454-ПП (в редакции постановления Правительства Москвы от 08.04.2015 №189-ПП) [1]. Данная программа содержит пять подпрограмм, включая программу "Строительство нового жилья в городе Москве и реновация существующей жилой застройки", которая предполагает в том числе реконструкцию с надстройкой отдельных многоквартирных жилых домов. По программе реконструкции дома жители коммунальных квартир бесплатно расселяются в отдельные квартиры в надстроенной части дома. После завершения ликвидации всех серий жилых домов, подлежащих сносу, в Москве останется около 9 тысяч морально устаревших кирпичных, блочных и панельных 3-5 этажных домов постройки 1950–1965 гг, которые относятся к 1-му периоду индустриального домостроения. Это – около 35 млн. м². площади, требующей проведения комплексного капитального ремонта. Обладая в ряде случаев железобетонными перекрытиями и мало изношенными несущими конструкциями, здания могут быть реконструированы с увеличением этажности. Однако в общем жилом фонде, претендующем на обновление, выделяют и т.н. «несносимые» пятиэтажки. Их обновление начнется в 2017 году. Выбор районов, подлежа-

щих реновации, будет осуществляться на основе расчетов градостроительного потенциала [13].

В Белгородской области в рамках реализации адресной программы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов в 2015 году было отремонтировано 202 дома, при этом каждый пятый дом, подлежащий капитальному ремонту, расположен в Белгороде (всего 44 дома) [14]. Колористическое решение фасадов определялось с учетом пожеланий жильцов домов и разработанными управлением архитектуры и градостроительства г. Белгорода дизайн-кодами улиц (своеобразными «колористическими паспортами» зданий с учетом оформления первых этажей домов, задействованных под общественно-торговые нужды, и размещения средств наружной рекламы). В рамках разработки и реализации проектных решений учитывался существующий городской контекст и перспективное развитие территории. Осуществлялась работа между исполнительными органами администрации г. Белгорода и подрядно-строительными организациями (рис. 3, 4).

По результатам работы можно заключить, что ремонт фасадов жилых домов как способ их обновления в настоящее время является одним из наиболее доступных методов регенерации деградирующей среды. Существенным недостатком является отсутствие комплексного подхода к реновации – программа капитального ремонта домов должна сопровождаться одновременным благоустройством прилегающей территории и дворовых пространств, организацией парковочных зон, зон отдыха [15].

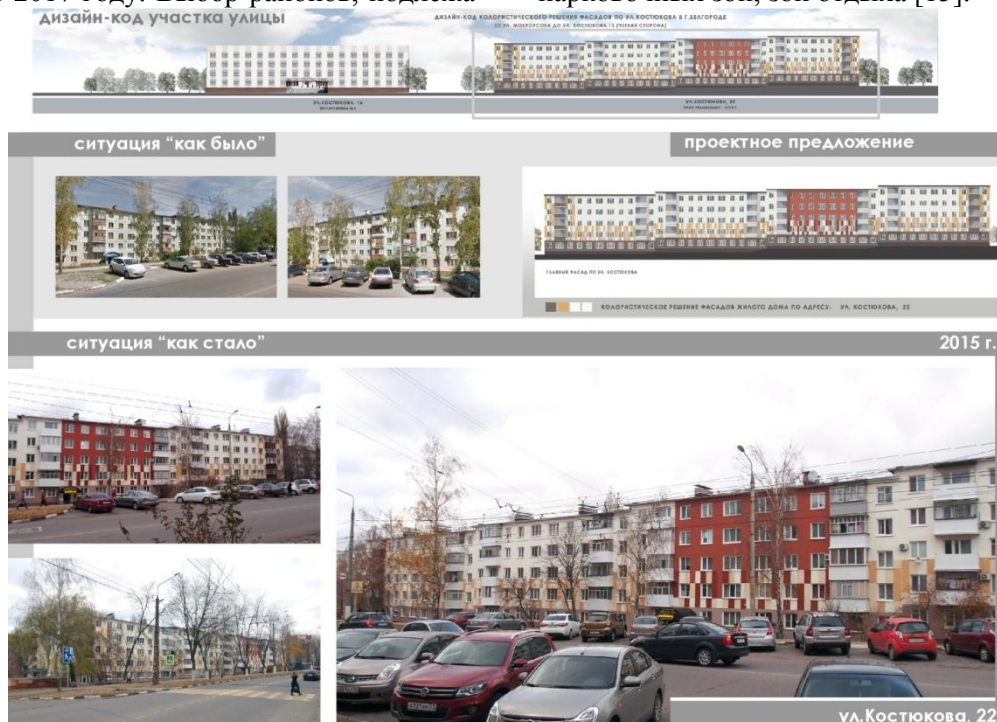


Рис. 3. Примеры изменения колористического решения фасадов жилых домов в г. Белгороде в рамках Программы капитального ремонта (с учетом разработанного дизайн-кода улиц)

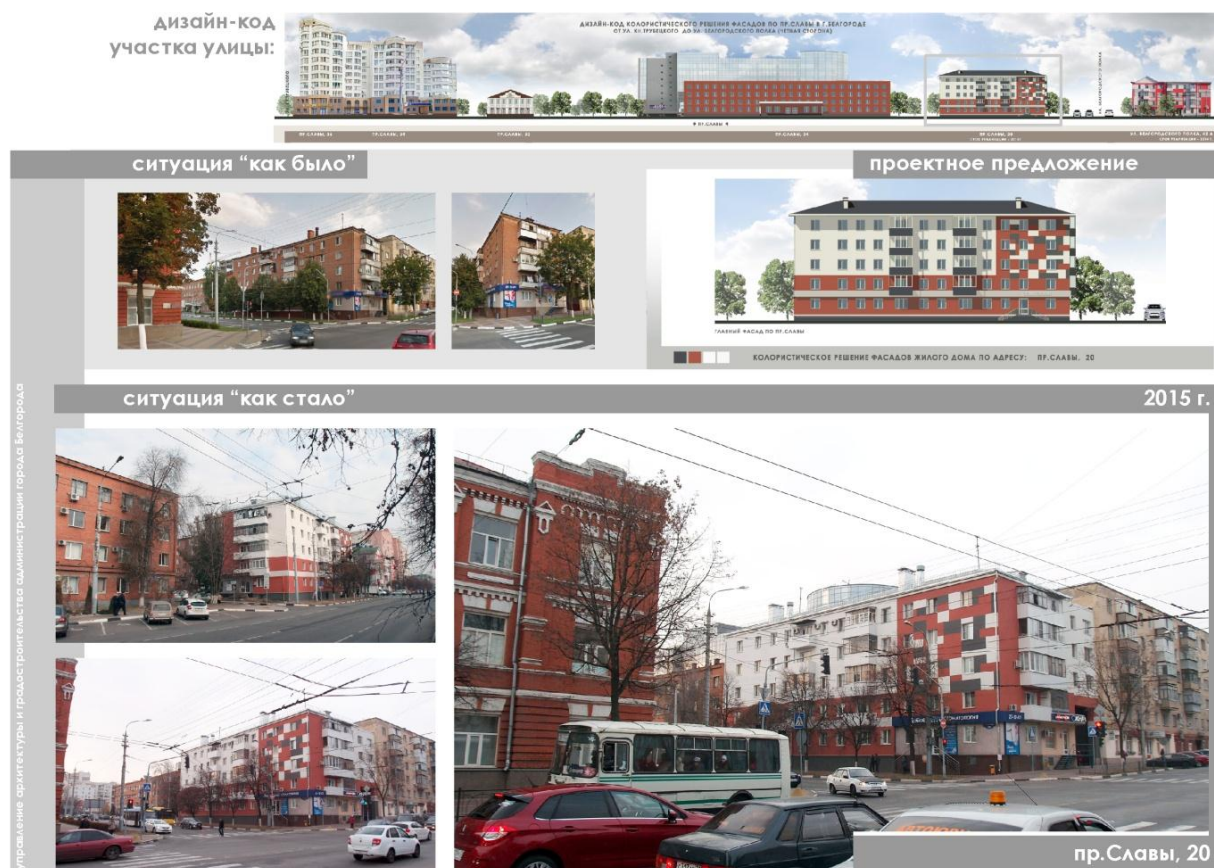


Рис. 4. Примеры изменения колористического решения фасадов жилых домов в г. Белгороде в рамках Программы капитального ремонта (с учетом разработанного дизайн-кода улиц)

В создании гуманной среды, адаптированной к современным потребностям жильцов, разработки одной лишь суперграфики на фасадах недостаточно. Важно обеспечить социальную устойчивость среды, в том числе, посредством обновления облика сложившейся застройки. Разработка инновационных практик в городской среде позволяет улучшить качества жизни населения, оптимально решает проблемы развития социокультурной сферы, способствующих устойчивому развитию территории города [16]. Свежевыкрашенные дома на фоне устаревшего окружения не справляются с задачей по изменению облика среды, ее модернизации. По мнению автора, обновление колористического решения фасадов необходимо проводить совместно с их структурной модернизацией. Применение декоративных элементов структуры, таких как солнцезащитные жалюзи (параллельно или перпендикулярно к плоскости фасада), оборачивание фасадов перфорированными или ажурными металлическими плоскостями, использование архитектурных профилей и деталей. При этом возможно применение наружных навесных решеток для кондиционеров, выносных эркеров и т.д. Т.е. по возможности отходить от плоскостного подхода к изменению облика домов по-

средством использования архитектурно-конструктивных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О реконструкции застройки с преобладанием 5-этажных домов первого периода индустриального домостроения в Москве - URL: <http://www.stroymusey.ru/journal/reconstruction-1.php> (дата обращения: 16.06.2016)
2. Большаков А.Г. Социальная эффективность градостроительства // Жилищное строительство. 2016. № 1-2. С.51-59.
3. Городская реконструкция жилых домов в г. Москве - URL: <http://g-r-p.ru/> (дата обращения: 16.06.2016)
4. Серии домов индустриального строительства - URL: http://www.russianrealty.ru/useful/serii_domov/ (дата обращения: 16.06.2016)
5. Международный опыт реабилитации депрессивных жилых территорий в интересах устойчивого развития - URL: http://archvuz.ru/2015_1/4 (дата обращения: 16.06.2016)
6. О перспективах развития территорий с высоким моральным и физическим износом жилого фонда - URL: <http://www.rcmm.ru/ekonomika-i->

biznes/24471-u-nas-getto-poka-net-no-potencial-meetsya.html (дата обращения: 16.06.2016)

7. UN-Habitat Model Projects – 2013/2014 United Nations Human Settlements Programme 2013 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=3495> (дата обращения: 16.06.2016)

8. Обновление облика фавел в Бразилии - URL: <http://www.favelapainting.com/> (дата обращения: 16.06.2016)

9. Cities Alliance for Cities without Slums. Action Plan for Moving Slum Upgrading to Scale... [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/ActionPlan.pdf> (дата обращения: 16.06.2016)

10. Housing & slum upgrading [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://unhabitat.org/urban-themes/housing-slum-upgrading/> (дата обращения: 16.06.2016)

11. Портал градостроительной политики и градостроительства города Москвы - URL: <http://stroimsk.ru/> (дата обращения: 16.06.2016)

12. Gilmour, T. Mixed communities [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://tonygilmour.com/7178_Mixed_communities.131195645.pdf (дата обращения: 16.06.2016)

13. Технологии реконструкции жилых зданий и застройки URL: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/537193/66> (дата обращения: 16.06.2016)

14. Сайт органов местного самоуправления города Белгорода - URL: <http://www.beladm.ru/> (дата обращения: 16.06.2016)

15. Экологическая перспектива на период до 2000 года и далее [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/518/76/IMG/NR051876.pdf> (дата обращения: 16.06.2016)

16. Пьеркова М.В. Социальная устойчивость как принцип развития территорий города // Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2015. С. 95–100.

Rodyashina K.E.

ARCHITECTURAL AND ARTISTIC ASPECTS OF MASS-SERIES HOUSES OVERHAUL

The article is devoted to the modernization of the facades of mass series houses by updating their color palette. Considered the domestic and foreign experience of supergraphics on the facades, as well as its efficacy in the maintenance procedure of residential buildings with a large obsolescence. Highlights the main aspects of the overhaul housing program in Russia (in the cities of Moscow and Belgorod), its importance for the future development of residential areas. It is established that the overhaul of facades of houses mass series, and change the color palette slow moral and physical deterioration of buildings, promote the development of the local area, landscaping yards. All these measures, acquiring comprehensive, serve as the humanization of the environment as a whole.

Key words: obsolescence, renovation, supergraphics design- code, overhaul.

Родяшина Ксения Евгеньевна, аспирант кафедры архитектуры и градостроительства
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: arteria05@mail.ru

DOI: 10.12737/22072

*Альфажр Мохамад Абдул Карим, аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

НОВЫЕ АСПЕКТЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ РЕСТАВРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

alfajrm85@gmail.com

Предметом исследования стали современные методы и технологии археологической научной реставрации памятников архитектуры в условиях современной городской среды. Важной задачей при этом является изучение объекта с исторической точки зрения и поддержание его долговечности.

Ключевые слова: научная реставрация; памятник; археологическая реставрация; консервация; историческая ценность; долговечность.

С каждым годом возрастают объемы жилищно-гражданского строительства в условиях постоянной подвижности и изменения социально-экономических факторов, что приводит к необходимости решения вопросов связанных с преждевременным «моральным» старением зданий и сооружений. Все архитектурные объекты «стареют» по-разному, одни здания остаются практически неизменными в течении долгого времени (оперные залы, театры). Другие же требуют постоянной модернизации, развития, расширения и различного рода динамических переделок. [7]

Одной из главных задач при этом остается сохранение недвижимых памятников культурного наследия. Приспособление недвижимых памятников культурного наследия под музейные нужды является весьма традиционным и распространенным способом их сохранения. При этом также решается важная задача их современного использования, включения в жизнь общества. По данным ЮНЕСКО, более 80% музеев размещается в помещениях, первоначально служивших другим целям – в замках, дворцах, церквях, соборах, монастырях, усадьбах, общественных зданиях и др.. Однако в настоящее время при подобных превращениях речь часто идет не о простом приспособлении здания под музей и не о полном подчинении музея целям сохранения первоначального вида сооружения, а об активном преобразовании памятника, об изменении его внутреннего и внешнего облика, причем иногда достаточно радикальном [10].

В XIX века намечаются два основных направления реставрации в архитектуре художественное и техническое. Художественная реставрация имела старые и богатые традиции, так как восполнением утрат и разрушений занимались во все времена, в то время как техническая реставрация заключалась в консервации и постоянном уходе за объектом.

Позднее появляется новое понятие – «научная реставрация», где главной целью является минимальное вмешательство. [6]

На памятниках архитектуры могут производиться такие виды работ, как реставрация, реституция, консервация и ремонт. [9]. Инкорпорирование архитектурных элементов, сохранение планировочной структуры памятников архитектуры древности, включение фрагментов утраченных зданий, способствуют возрастанию ценности памятников архитектуры и градостроительной среды. [4]

Вопросы археологической научной реставрации всегда были актуальными на практике тех, кто занимается проблемами охраны и включения в жизнь общества памятников истории и культуры. Вместе с тем, единая, универсальная система взглядов на закономерности и развитие реставрационных подходов все еще находится в процессе формирования.

На сегодняшний день развитие реставрационной деятельности, практической и теоретической, породило три основные методологии, суть которых выражают три основополагающих принципа реставрации:

1. Восстановление произведения архитектуры в его первоначальном историческом виде;
2. Сохранение объекта в максимально возможной неприкосновенности;
3. Выявление и согласование исторических и художественных ценностей сооружения.

Так как основные идеи реставрации культурного наследия, акцентируемые в тот или иной период истории, по сути своей выражают многоаспектность самой культуры, они не могут быть сведены к чему-то однозначному, подавляющему другие подходы. Задача теории не в оправдании одной из идей, а в анализе и объяснении существующих тенденций и порождающих их причин. Поэтому

представляется актуальным анализ опыта, проблем и перспектив охранной деятельности для последующего применения этих знаний на практике.

В последние годы сформировались две тенденции в развитии теоретических и методических основ сохранения отечественного архитектурного наследия. Прежде всего, ужесточаются требования к приемам реставрации, их ограничение консервационными методами. [1]

Все утраченные элементы конструкций, первоначальные формы кладки, штукатурки и лепки должны быть оставлены в существующем виде. Кровельные работы должны лишь заключаться в замене обветшалых частей, не допуская перекрытий верхов декоративных элементов, сандриков, наличников. Исторические своды и перекрытия должны максимально усиливаться с минимальными заменами дефектов конструкций.



Рис. 1. Подпружная арка Успенского собора Троице-Сергиевой Лавры после реконструкции

Сложившиеся в конце XX – начале XXI века традиции научной реставрации и консервации исторических объектов выносят на первое место концепцию памятника уже в более широком мировом понимании.

Новые горизонты открылись в отношении сохранения подлинности памятника архитектуры, с возможным включением его в современную городскую среду. Прежде всего, это обуславливалось проведением планомерных исследований и новыми техническими возможностями в строительной сфере. В результате таких работ не только максимально расширились горизонты познаний об исторических памятниках архитектуры, но и было привлечено большое внимание к судьбе самих архитектурных произведений.

Так, в заключении на реставрацию Успенского собора Троице-Сергиевой Лавры записано: «Штукатурку и обмазку с подпружных арок, парусов и пояса не срубать, а по возможности осторожно отнимать от кирпичной кладки и снятые куски с тонами красок предварительно замуровать, хранить как образцы при возобновлении росписи отремонтированных частей: просить предварительно до приступа к работам сделать схематические чертежи барабана, его пояса и подпружных арок со всеми изображениями и указанием их размеров и названий; на этих же чертежах наметить места снятых кусков штукатурки с тонами красок за той же нумерацией, каковая будет на снятых кусках. Полезно отпавшие пласты со следами росписи сохранить до удостоверения в точности воспроизведения росписи». [5] В действительности, снять оригинальные росписи и заменить их копиями сегодня решится не каждый реставратор.

В отношении исторических объектов, которые прибывают в крайне неудовлетворительном и аварийном состоянии, рекомендовано проводить ряд специальных восстановительных мероприятий. Главными из которых являются консервация и реставрация, для максимального продления жизни памятника архитектуры с включением его в культурную среду города. При этом, реставрационные мероприятия являются крайней мерой, чтобы ради спасения архитектурного произведения приходилось проводить глобальное вмешательство в его внешний облик и конструкции, изменять объемно-пространственную структуру. И даже в случае такой реставрации, приоритетным должно быть применение подобных по составу материалов и декоративных элементов, приёмов строительства и технике художественной отделке. Только

в том случае, когда цели и задачи восстановления не являются важными для научной реставрации, то возможно применение современных технологий и включение новых конструкций.

Что касается консервации, то ее нужно рассматривать не только как сложную инженерную задачу. Ее целью является сохранение архитектурного произведения, зачастую со сложной многовековой строительной историей. Поэтому особенности и ценности такого памятника определяют как произведение истории, где направленность консервационных работ зависит от степени обрушения. Предметом охраны того или иного памятника является, зачастую, не весь объект целиком. Часто, консервация включает в себя только отдельные конструктивные элементы или только внешнюю оболочку памятника.

Научная реставрация должна предусматривать возможности по дальнейшему раскрытию памятника архитектуры, и выявлению художественно и исторически ценных деталей. Поэтому консервации должны предшествовать не только архитектурно-технические, но и комплексные инженерные обследования. Основная координирующая роль при этом принадлежит опытному архитектору-реставратору, как при разработке этапов консервации, так и при ее руководстве.

Применение современных конструктивных элементов, при консервации зачастую необходимая мера, при этом не должен искажаться художественный образ памятника архитектуры, если только это не временные мероприятия. Поэтому применение скрытых конструкций является приоритетным направлением в научной реставрации. Также, бережному сохранению и восстановлению подлежат все старинные уникальные конструкции, которые представляют особый интерес благодаря своим историческим особенностям, редкости и архитектурному совершенству.

Такой вид реставрационно-восстановительных работ, как раскрытие, является возможным тогда, когда удаляемые более поздние архитектурные и художественные элементы не представляют собой исторического интереса, или представляют довольно небольшой интерес, несопоставимый с ценностью первоначального архитектурного подлинника (рис. 2). Решение об удалении более поздних наслоений и архитектурных элементов не должно приниматься автором проекта самостоятельно. Такие решения по реставрации должны приниматься на открытом коллегиальном заседании с участием авторитетных специалистов. При этом, важно убедиться, что исключаемые элементы не несут в себе в скрытом виде значимых художе-

ственных элементов, к какому бы историческому периоду они ни относились. И поэтому, объектом научного реставрационного изучения должно быть все сооружение, а не отдельные его элементы, заведомо признанные исторически ценными.



Рис. 2. Фото раскрытия фресок Спасо-Преображенского храма Полоцка

Исключение более поздних элементов и культурных слоев имеет весомую роль, когда оно позволяет открыть сохранившиеся архитектурные части более старых форм памятника или остатки таких форм в достаточной мере. В том случае, когда подлинник бесследно утрачен, то предпочтительнее оставлять и восстанавливать более поздние конструкции, декоративные и художественные элементы.

В археологической реставрации раскрытие не допускается, если это угрожает устойчивости конструкций или иным образом уменьшает степень его сохранения. Уже в процессе реставрации следует обеспечивать защиту для раскрываемых поверхностей стен и элементов конструкций, учитывать тенденцию разрушения старых материалов и часто более агрессивную среду, которой окажется подвергнут подлинник после раскрытия. Известно, например, что поспешное освобождение от обшивок срубов памятников русского деревянного зодчества при безусловно высоком художественном эффекте, нередко приводило к резкому ускорению процесса разрушения древесины. Избежать воздействия негативной внешней среды на вновь раскрываемые конструкции и художественный декор возможно при помощи вакуумных оболочек, хими-

ческого закрепления, различных биостойких пропиток и покрытий. Здесь важно учитывать как характеристики самих защитных материалов, так и их особенности, например, степень деформируемости, морозостойкости, паропроницаемости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гришин С.Ф. Исторические и культурные аспекты в реставрации памятников архитектуры // Известия Ростовского государственного строительного университета. 2015. Том 1. № 19. С. 312–313.
2. Ефремова Е.В. Консервация и реставрация памятников археологии в процессе их музеефикации // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 384. С. 95–101.
3. Заграевский С.В. Культурно-историческая среда российских городов. Способы ее сохранения // Территория и планирование. 2011. № 2(32). С. 4–13.
4. Зейферт М.Г. Практика инкорпорирования и слияния зданий различных эпох в памятниках архитектуры Рима // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 1. С. 11–17.
5. Зверев В.В. От поновления к научной реставрации. М., 1999. С. 99.
6. Копылова Н.С., Корзун Н.Л. Реставрация памятников архитектуры в Иркутске (на примере доходного дома по улице Фридриха Энгельса, бывшей Жандармской) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 1 (6). С. 111–125.
7. Михайлова Н.С., Перькова М.В. Исторические предпосылки формирования адаптивного жилища // Символ науки. 2015. Вып. 6. С. 334–339.
8. Подъяпольский С.С., Бессонов Г.Б., Беляев Л.А., Постникова Т.М. Реставрация памятников архитектуры. М., 2000. С. 267.
9. Соболев Н.А., Дегтярева О.Г. Проблемы реставрации и реконструкции памятников архитектуры // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. 2016. С. 879–880.
10. Чугунова А.В. Реконструкция памятников культурного наследия как направление современной музейной архитектуры // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств. 2012. № 1. С. 156–158.

Alfajr Mohamad Abdul Karim

NEW ASPECTS OF ARCHAEOLOGICAL SCIENTIFIC RESTORATION IN A MODERN CITY

The research focused modern methods and technologies of archaeological scientific restoration of architectural monuments in the modern urban environment. An important task here is to study the object from a historical point of view and maintain its durability.

Key words: *scientific restoration; monument; archaeological restoration; conservation; historical value; durability.*

Альфажр Мохамад Абдул Карим, аспирант кафедры Архитектура и градостроительство.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: alfajrm85@gmail.com

Даниленко Е.П., доц.,
Кутник В.В., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ И РЕЖИМООБРАЗУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ Г. БЕЛГОРОД

valerie_bgd@mail.ru

В статье рассмотрено влияние режимных и режимообразующих объектов, а так же образуемых ими зон с особыми условиями использования территорий на градостроительное использование территории города Белгород. Обозначены проблемы учета таких объектов и образуемых ими зон в государственных и муниципальных кадастрах и реестрах, документах градостроительного зонирования и территориального планирования. Проанализировано размещение объектов на территории города, и сделан вывод его соответствия требованиям законодательства. Предложена классификация режимных и режимообразующих объектов города Белгорода по степени их влияния на градостроительное использование территории.

Ключевые слова: градостроительное зонирование, режимный объект, режимообразующий объект, санитарно-защитная зона, охранная зона, градостроительное использование территории.

На территориях практически всех населённых пунктов Российской Федерации расположены объекты недвижимости, которые оказывают влияние на правовой режим и хозяйственную деятельность на земельных участках, на которых они расположены, либо земельных участков, непосредственно прилегающих к ним.

К таким объектам относятся, например, линии электропередач и объекты электросетевого хозяйства, магистральные трубопроводы, железные дороги, кладбища и полигоны бытовых отходов, водозаборные скважины, и прочие объекты. Такие объекты названы режимными и режимообразующими. При этом внутри или вокруг них Российским законодательством предусмотрено формирование и установление зон с особыми условиями использования территории и утверждение определённых градостроительных регламентов [11], а так же сведения о таких зонах в обязательном порядке подлежат внесению в государственный кадастр недвижимости в порядке информационного взаимодействия [10].

На территории города Белгорода расположено множество режимных и режимообразующих объектов, вокруг и на территории которых в соответствии с требованиями Российского законодательства должны устанавливаться особые условия использования территорий. Некоторые режимные и режимообразующие объекты оказывают большее влияние на использование городской территории, чем другие. К таким объектам в городе Белгород, например, относятся Аэропорт, полигоны ТБО, карьеры по добыче полезных ископаемых, водные объекты, кладбища, промышленные предприятия I и II класса вредности, железная дорога, высоковольтные

линии электропередач и объекты электросетевого хозяйства, особо охраняемые природные территории.

Рассмотрим каждую группу объектов в отдельности; определим, соответствует ли использование городской территории, прилегающей к этим объектам, законодательству.

Аэропорт является как режимным, так и режимообразующим объектом, поскольку на его территории и за ее пределами Воздушным кодексом и Постановлением Правительства РФ №138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» устанавливается особый режим использования [1].

Генеральным планом развития городского округа «Город Белгород» установлена зона подлёта аэропорта – 1200 м от оси взлетно-посадочной полосы, шумовая зона аэропорта – 2000 м [8]. В зоне подлёта аэропорта и в шумовой зоне находится значительная часть усадебной застройки, объекты торговли и т.д. (рис.1). Генеральным планом города Белгорода шумовая зона аэропорта объявлена зоной запрещения нового строительства, а существующие постройки подлежат выносу за границу этой зоны [9]. Следовательно, аэропорт на территории города Белгорода размещен с нарушением требований законодательства. Сведения об образуемой аэропортом зоне с особыми условиями использования территории обозначены на карте градостроительного зонирования, однако в государственном кадастре недвижимости такие сведения отсутствуют.

У западной черты города, рядом с мусороперерабатывающим заводом расположен режи-

мообразующий объект: полигон ТБО (городская свалка). Вокруг полигона ТБО законодательством РФ устанавливается санитарно-защитная зона – 500 м от границы полигона до жилой застройки [7]. В городе Белгороде в санитарно-защитную зону полигона ТБО жилая застройка

не попадает, условия размещения соответствуют нормам. Следовательно, городская свалка размещена с соблюдением требований законодательства, однако наличие полигона у западной городской черты мешает дальнейшему развитию Белгорода в том направлении.

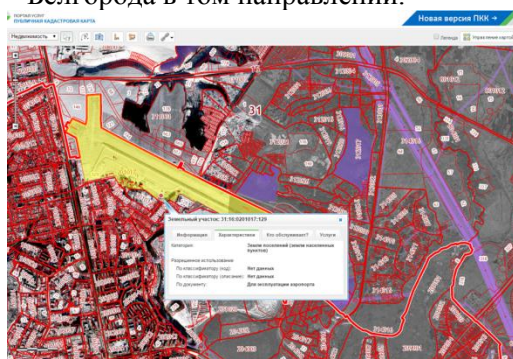
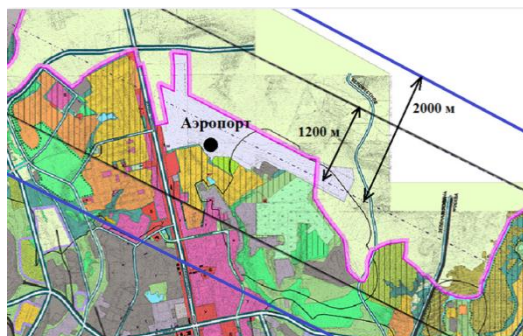


Рис.1. Расположение Аэропорта на карте градостроительного зонирования и кадастровой карте г. Белгород

Кладбище является одновременно режимным и режимообразующим объектом, поскольку имеет особый режим использования непосредственно территории, а также санитарно-защитную зону за ее пределами. На территории санитарно-защитной зоны проектируемых и действующих кладбищ запрещается строительство жилых и общественных зданий [5]. В городе Белгороде в санитарно-защитной зоне кладбищ новое строительство не ведется, однако в зону некоторых кладбищ (например: Ячнево) попадает существующая усадебная застройка. Следовательно, некоторые кладбища размещены с нарушением законодательства РФ.

Карьеры по добыче полезных ископаемых являются режимными и режимообразующими объектами. В черте города Белгорода известны два карьера по добыче мела: карьер «Зеленая

поляна», и карьер «Стрелецкое». Согласно санитарным нормам и правилам, в санитарно-защитной зоне карьеров не допускается размещать: жилую застройку, рекреационные зоны, территории садоводческих товариществ и коттеджной застройки [6], однако в городе Белгороде в санитарно-защитную зону карьера цементного завода, ширина которой равна 300 м, попадают садоводческие товарищества и участки усадебной застройки (рис.2). Следовательно, данные объекты размещены с нарушением требований законодательства. Сведения об образуемой карьерами зоне с особыми условиями использования территории обозначены на карте градостроительного зонирования, однако в государственном кадастре недвижимости такие сведения отсутствуют.

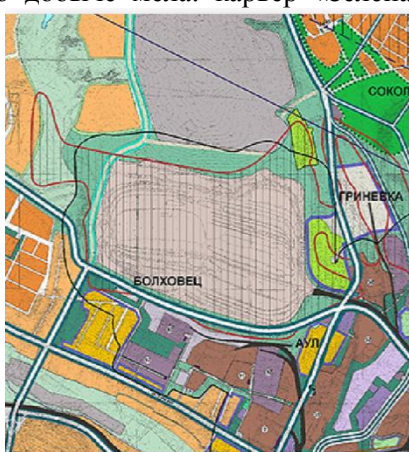


Рис. 2. Карьер «Стрелецкое» на карте градостроительного зонирования и его фактическое расположение

Белгородское водохранилище является режимообразующим объектом. Вокруг него, в соответствии с требованиями Водного Кодекса РФ, установлена прибрежная защитная полоса и водоохранная зона [2]. В городе Белгороде уста-

новлена водоохранная зона Белгородского водохранилища, равная 200 м от отметки уреза воды (114,5 м в балтийской системе высот), и прибрежная защитная полоса, равная 50 м от отметки уреза воды. Границы водоохранной зоны и

прибрежной защитной полосы заkoordinированы и установлены на местности, однако отсутствуют в государственном кадастре недвижимости.

Генеральным планом города установлено, что прибрежная территория Белгородского водохранилища будет развиваться как рекреационная зона [8]. Однако существующие на этой территории земельные участки в основном имеют виды разрешенного использования «для индивидуального жилищного строительства» и «для ведения личного подсобного хозяйства» (рис. 3).



Рис.3. Земельные участки в водоохранной зоне Белгородского водохранилища

Реки являются режимобразующими объектами. Вдоль них, в соответствии с Водным Кодексом РФ, устанавливается водоохранная зона и прибрежная защитная полоса. Границы водоохранной зоны рек, а также размеры прибрежных защитных полос указаны на генеральном плане развития города Белгорода. Поскольку в границах водоохранной зоны допускаются проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования их



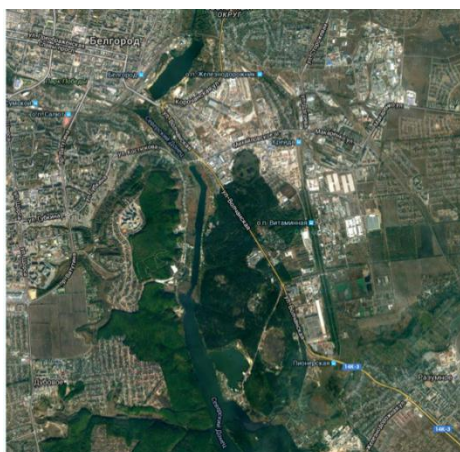
Рис. 4. Градостроительная карта и фактическое расположение земельных участков в Восточной промышленной зоне г. Белгород

Железная дорога является режимобразующим объектом. В состав железной дороги Белгорода также входят железнодорожный вокзал, локомотивное депо и станция «Крейда». В городе Белгороде установлена санитарно-

защитная зона магистральной железной дороги – 100 м от оси крайнего рельса. В санитарно-защитную зону попадает незначительная часть жилой застройки, следовательно, застройка в зоне режимобразующего объекта

сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения и истощения вод [12], мы можем сделать вывод, что объекты в водоохранной зоне размещены с соблюдением требований законодательства. Промышленные предприятия I и II класса вредности являются режимными и режимобразующими объектами. Предприятия города Белгорода территориально объединены в Восточный и Западный промышленные районы. В черте города установлена санитарно-защитная зона на весь промышленный район без учета классов вредности предприятий внутри зоны, что приводит к нарушению особого режима использования территории. В городе расположен Цементный завод и завод Краски КВИЛ с I классом вредности. Кроме того, I класс вредности имеют некоторые предприятия на территории бывшего Витаминного комбината. Данные предприятия необходимо вынести за черту города [6].

Так же нами выявлено, что в санитарно-защитную зону промышленных предприятий как Восточной, так и Западной промышленных зон г. Белгород попадает жилая застройка, чаще – усадебная, что приводит к ухудшению экологического состояния среды и здоровья населения (рис. 4). Сведения об образуемых промышленными предприятиями зонах с особыми условиями использования территории обозначены на карте градостроительного зонирования, однако в государственном кадастре недвижимости такие сведения отсутствуют.



но-защитная зона магистральной железной дороги – 100 м от оси крайнего рельса. В санитарно-защитную зону попадает незначительная часть жилой застройки, следовательно, застройка в зоне режимобразующего объекта

размещена с учётом требований законодательства.

По территории Белгорода проходят высоковольтные линии электропередач напряжением 330, 110, 35 и 10 кВ. Они являются режимобразующими объектами, т.к. вдоль них образуется зона с особыми условиями использования территории. Постановлением Правительства РФ № 160 установлены следующие размеры санитарно-защитной зоны ЛЭП и объектов электросетевого хозяйства: для ВЛ 10 кВ – 10 м; для ВЛ 35 кВ – 15 м; для ВЛ 110

кВ – 20 м; для ВЛ 330 кВ – 30 м [4]. Жилая застройка в г. Белгороде расположена в зоне влияния электромагнитных колебаний линий электропередач и в шумовых зонах некоторых подстанций. Несмотря на это, большинство объектов электросетевого хозяйства на территории города размещены с учетом требований законодательства, сведения об образуемых зонах с особыми условиями использования территорий вдоль ЛЭП практически не сформированы, и лишь малая их часть внесена в государственный кадастр недвижимости (рис. 5).



Рис. 5. Зоны, образуемые ЛЭП города Белгорода в государственном кадастре недвижимости

Белгородская телевышка, расположенная по улице Мокроусова, является режимобразующим объектом. Помимо ее основного назначения (сооружение связи), телевышка является геодезическим пунктом. Белгородская телевышка расположена в общественно-деловой зоне, при этом, жилая застройка не попадает в радиус ее электромагнитного воздействия (рис. 6). Сле-

довательно, на территории города телевышка размещена с учетом требований законодательства. Сведения об образуемой зоне с особыми условиями использования территории обозначены на карте градостроительного зонирования, однако в государственном кадастре недвижимости такие сведения отсутствуют.

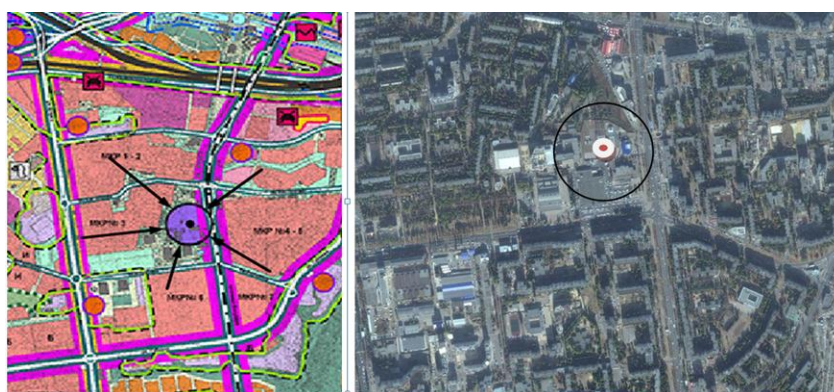


Рис. 6. Радиус электромагнитного воздействия Белгородской Телевышки

Очистная станция канализации является режимобразующим объектом. Согласно санитарным правилам и нормам, для канализационных очистных сооружений устанавливается санитарно-защитная зона – 500 м [6]. Очистная станция канализации расположена в Восточном промышленном районе и входит в состав Белгородского водоканала. Поскольку проектной до-

кументацией города Белгорода санитарно-защитная зона установлена для всего промышленного района, такое расположение очистного сооружения ни на что не влияет. Следовательно, очистная станция канализации размещена с учетом требований законодательства.

Помимо уже перечисленных режимных и режимобразующих объектов, на использование

городской территории влияют особо охраняемые природные территории (далее – ООПТ). Они составляют рекреационную зону городов и для них устанавливаются строгие градостроительные регламенты. К особо охраняемым природным территориям в городе Белгороде относятся следующие памятники природы [3]: искусное дерево (Преображенская ул., 46); **родник «Монастырский колодезь»** (у кафе «Сказка»); ботанический сад Белгородского государственного университета (Кашарский проезд, 18).

Так же, генеральным планом развития г. Белгорода установлено, что на территории города к особо охраняемым природным территориям относятся: урочище Оскочное (ул. Кутузова); урочище Городской лес (ул. Студенческая); урочище Уткина Яруга (ул. Садовая); Архиерейская роща (ул. Архиерейская); урочище Сосновка (ул. Волчанская); урочище Массив (в районе ул. Донецкая); урочище Пески (ул. Волчанская); урочище Армянский лог (бульвар Юности); урочище Кондратовское (Ячнево); урочище Кобелевка (ул. Механизаторов); урочище Гринево (ул. Студенческая); урочище Быково (в районе ул. Привольная); урочище Лесничество (ул. Волчанская).

В городе Белгороде часть лесопарка «Сосновка» попадает в санитарно-защитную зону Восточного промышленного района, который оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Однако в целом, ООПТ на территории Белгорода размещены с учетом требований законодательства.

Выводы. Таким образом, на территории города Белгорода в основном соблюдаются требования законодательства о санитарно-защитных зонах режимных и режимобразующих объектов, и градостроительными регламентами города для территорий таких объектов установлены особые требования к использованию территорий.

Однако нами выявлено, что на территории Белгорода в санитарно-защитную зону ряда режимных и режимобразующих объектов попадает жилая застройка усадебного типа.

Для того чтобы снизить воздействие режимных и режимобразующих объектов на экологическое состояние города и здоровья населения нами предлагаются следующие мероприятия:

- озеленение территории вокруг санитарно-защитной зоны;
- снос застройки в пределах санитарно-защитной зоны;
- вынос объектов, оказывающих наибольшее влияние на экологическую среду, за черту города;

– применение экологически чистых технологий промышленного производства, установка очищающих фильтров и оборудования.

В результате изучения материала можно сделать вывод, что в городе Белгороде имеются режимные и режимобразующие объекты, оказывающее влияние на использование территории города, и объекты, не оказывающие влияние (или оказывающее небольшое влияние) на использование территории города. В соответствии с этим, нами предложена следующая классификация режимных и режимобразующих объектов:

I группа – режимные и режимобразующие объекты, оказывающие влияние на использование городской территории:

- 1) аэропорты, аэродромы, вертодромы и т.д.;
- 2) полигоны ТБО и другие загрязненные земли;
- 3) кладбища;
- 4) водные объекты;
- 5) карьеры по разработке месторождений полезных ископаемых;
- 6) промышленные предприятия высокого класса опасности;
- 7) железная дорога;
- 8) объекты инженерной инфраструктуры (ЛЭП, объекты электросетевого хозяйства, сооружения связи и т.д.);
- 9) очистные станции;
- 10) особо охраняемые природные территории (памятники природы, ботанические сады и т.д.).

II группа – режимные и режимобразующие объекты, не оказывающие влияние (или оказывающее небольшое влияние) на использование городской территории:

- 1) объекты культурного наследия;
- 2) объекты специального назначения (тюрьмы, колонии и т.д.);
- 3) промышленные предприятия низкого класса опасности;
- 4) геодезические пункты;
- 5) метеорологические станции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 28.11.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016), ст. 69 – [Электронный ресурс]. // URL: www.consultant.ru.
2. «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 23.05.2016),

ст. 137 – [Электронный ресурс]. // URL: www.consultant.ru.

3. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об особо охраняемых природных территориях» (с изм. и доп., вступ. в силу с 24.07.2015) – [Электронный ресурс]. // URL: www.consultant.ru.

4. Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» – [Электронный ресурс]. // URL: www.consultant.ru.

5. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.06.2011 № 84 г. Москва «Об утверждении СанПиН 2.1.2882-11 «Гигиенические требования к размещению, устройству и содержанию кладбищ, зданий и сооружений похоронного назначения» – [Электронный ресурс]. // URL: www.garant.ru.

6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 г. № 74 «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями и дополнениями) – [Электронный ресурс]. // URL: ohranatruda.ru.

7. СанПиН 2.1.7.722-98 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полиго-

нов для твердых бытовых отходов» – [Электронный ресурс]. // URL: ohranatruda.ru.

8. Генеральный план развития городского округа «Город Белгород» до 2025 года. Утвержден Решением Совета депутатов города Белгорода от 26.09.2006 № 335 – [Электронный ресурс]. // URL: www.beladm.ru.

9. Правила землепользования и застройки города Белгорода. Утверждены решением Совета депутатов города Белгорода от 30.10.2007 № 572 – [Электронный ресурс]. // URL: www.beladm.ru.

10. <Письмо> Росреестра от 28.10.2015 №19-исх/15487-СМ/15 «О рассмотрении обращения» – [Электронный ресурс]. // URL: www.consultant.ru.

11. Даниленко Е.П. К вопросу установления ограничений (обременений) земельных участков в водоохранных зонах на территории населённых пунктов Белгородской области // Материалы Международной научно-практической конференции «Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в 21 веке» 22-24 апреля 2015 г., г. Комсомольск-на-Амуре. С. 419–427.

12. Калюжин В.А., Одинцова Н.В. Опыт внесения в государственный кадастр недвижимости зон с особыми условиями использования территорий // Вестник СГУГиТ. 2013. №3 (23). С. 82–87.

13. Колесова О.Н. Правовой режим водоохранной зоны // Журнал российского права. 2012. № 4. С. 50–57.

Danilenko E.P., Kutnik V.V.

INFLUENCE OF OBJECTS FORMATION SPECIAL MODES OF USING THE TERRITORY ON THE USING OF URBAN AREAS BELGOROD.

The article considers the influence of the regime facilities, as well as they zones with special conditions of land use to urban use in the city of Belgorod. Tells of the problems of accounting of such facilities and zones formed by them in state and municipal inventories and registers, documents of zoning and land use planning. Analyzed accommodation of facilities in the city, and concluded of that it meets or not meets the legal requirements. Uses classification objects of regimes of the city of Belgorod on degree of their influence on urban land use.

Key words: *a regime object, object forming a special mode of using the territory, zone with special condition of using the territory, conservation zone, sanitary buffer, use of urban territory.*

Даниленко Елена Петровна, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: danilenko_ep@mail.ru

Кутник Валерия Владимировна, студентка кафедры городского кадастра и инженерных изысканий
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: valerie_bgd@mail.ru

Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц.,
Затолокина Н.М., канд. геог. наук, доц.,
Былин И.П., ст. препод.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПРОСЛОЕК СЛАБОГО ГРУНТА, ПРОРЕЗАЕМЫХ СВАЕЙ, НА ЕЕ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

gkadastr@mail.ru

Статья посвящена проблемам проектирования свай, прорезающих слой слабого грунта. При наличии в верхней части основания площадки строительства слабых грунтов часто возникает необходимость в передаче нагрузки от сооружения на более плотные грунты, залегающие на довольно значительной глубине от поверхности. В таких случаях, как правило, устраивают фундаменты из свай трения. При проектировании необходимо определить оптимальное заглубление свай ниже слабого грунта, которое зависит от мощности, его сжимаемости. При этом слабые грунты, прорезаемые свай, могут оказывать значительное влияние на работу острия свай. В статье обоснована необходимость учета влияния прослоек слабого грунта в основании на несущую способность свай, а также изложена методика ее прогнозирования.

Ключевые слова: грунт, осадка, деформация, свая, несущая способность.

При проектировании свай, прорезающей слой слабого грунта, возникают вопросы о снижении её несущей способности по боковой поверхности выше слабого слоя и о сопротивлении острия такой сваи при работе его в грунте, подстилающем слабый. Слабые прослойки могут быть представлены илами, торфами и глинистыми грунтами с $I_L > 1$. Влияние слабой прослойки на сопротивление боковой поверхности сваи впервые рассмотрены в работе Б.И. Далматова и Ф.К. Лапшина [4].

Пусть к свае, погруженной в грунт и прорезающей сильно сжимаемую прослойку (рис.1), после «отдыха» приложена нагрузка P . От действия усилий, передаваемых боковой поверхностью сваи, в грунте возникает напряженное состояние. Так как деформированность слабого грунта (2 на рис. 1) значительно больше деформативности минеральных грунтов 1 и 3, сильно сжимаемый грунт будет испытывать гораздо большие деформации уплотнения $S_{сж}$. Деформацию прослойки около ствола сваи можно определить по формуле аналогичной в разделе теории расчета буровых свай.

$$S_{сж} = \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{E_i} \cdot l_i \quad (1)$$

Здесь f_i – сопротивление грунта по боковой поверхности сваи в каждом из слоев, начиная от поверхности до подошвы слабой прослойки.

Деформация верхнего слоя грунта (1) при этом составит

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{E_i} \cdot l_i \quad (2)$$

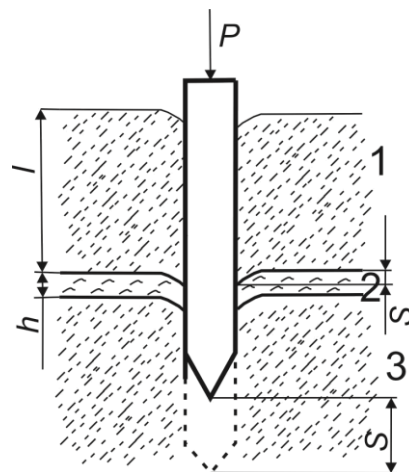


Рис. 1 Схема деформации слабого слоя грунта

Из сопоставления формул (1) и (2) видно, что $S_{сж}$ всегда будет больше S_0 , так как дополнительно включает деформацию слабой прослойки.

Сопротивление грунта, расположенного выше прослойки, по боковой поверхности сваи может проявиться полностью, если выполняется условие

$$S \geq S_{сж}, \quad (3)$$

где S – величина вертикального перемещения сваи в рассматриваемом сечении.

Это сопротивление необходимо принимать с понижающим коэффициентом K_c , если

$$S < S_{сж}, \quad (4)$$

где

$$K_c = \frac{S}{S_{сж}}. \quad (5)$$

Определив первоначально $S_{сж}$ от сил сопротивления грунта по боковой поверхности сваи f_b , затем её можно последовательно уточнять, используя формулу (2).

Сопротивление грунта, уменьшенное введением коэффициента K_c .

Для лучшего использования сопротивления свай их острие необходимо заглублять ниже подошвы сильно сжимаемого слоя. Однако и в этом случае слабые грунты, прорезанные сваями, могут оказывать значительное влияние на работу острия. При проектировании необходимо определять оптимальное заглубление свай ниже слабого грунта, которое зависит от мощности слоя его сжимаемости.

На основе решения осесимметричной задачи теории предельного равновесия можно найти предельное сопротивление грунта нагружению нижнего конца сваи. В предельном состоянии области сдвигов, развивающейся под острием сваи, достигают горизонтальной плоскости, проходящей на его уровне. При дальнейшем увеличении нагрузки на сваю области сдвигов стремится поднять грунт, расположенной над указанной плоскостью. Этому будет оказывать противодействие не только масса грунта, но и его сопротивление сдвигу в результате которого вовлекается в работу окружающий массив. Так как экспериментальных и теоретических данных о законе распределения сил трения для данного случая пока нет и, поскольку не учёт возникающего трения в нашем расчете идет в запас, им можно пренебречь.

Примем, что выпиранию на уровне горизонтальной плоскости, проходящей через острие, противодействует масса слоя грунта высотой от острия сваи до подошвы прослойки, деформативность слабой прослойки и напряжение, создаваемое трением по боковой поверхности сваи. Если все эти усилия способны противостоять сдвиговым напряжениям, возникающим в грунте, то можно считать, что влияние прослойки на работу острия существенно не скажется.

Объемная масса прослойки торфа или ила во взвешенном состоянии практически равна нулю и, следовательно, она не оказывает пригружающего действия на поверхность минерального грунта. Природное давление грунта, расположенного под прослойкой, также существенно не влияет на работу острия, т.к. прослойка, отделяющая этот грунт от нижнего минерального, в котором находится острие, обладает чрезмерно большой деформативностью.

С некоторым приближением для определения центрально приложенной к подошве сваи предельной нагрузки можно использовать формулу В.Г. Березанцева (1970).



$$\quad (6)$$

в которой d – диаметр сваи; ρ и c – соответственно плотность и сцепление грунта, в который заглублена свая; g_n – величина нагрузки, противодействующей при условии предельного равновесия напряжениям от выпора грунта под острием; A_K, B_K, C_K – координаты, зависящие от угла внутреннего трения грунта (см. табл. 1).

Из (6) найдем



$$\quad (7)$$

Радиус зоны предельного состояния в плоскости, проходящей через острие сваи, определим по формуле

$$\rho = D \frac{d}{2}.$$

Вопрос о вытеснении некоторого объема грунта при погружении острия сваи ниже слабой прослойки должен рассматриваться на основе решения смешанной задачи теории упругости и пластичности. В целях упрощения можно принять, что происходит только деформация слабой прослойки за счет выпирания грунта, в котором расположено острие, и пренебречь уплотнением этого грунта в состоянии предельного равновесия.

Объем грунта, вытесненного при погружении острия на величину S_{np} , под действием предельной нагрузки будет



$$\quad (8)$$

Объем, на который уменьшится слабая прослойка по площади кольца шириной ρ вокруг сваи, определяем по формуле



$$\quad (9)$$

Здесь Δ – средняя деформация прослойки от работы острия.

Значения D приводятся в табл. 1. Приравняв объемы V_1 и V_2 из формул (8) и (9), найдем величину Δ .

$$\Delta = \frac{S_{np}}{D^2 - 1}. \quad (10)$$

Вертикальные нормальные напряжения, возникающие от сил трения грунта по боковой поверхности сваи, приближенно можно считать распределенными равномерно с величиной ординаты P_T , найденной на расстоянии 0,5р от ствола (рис. 2).

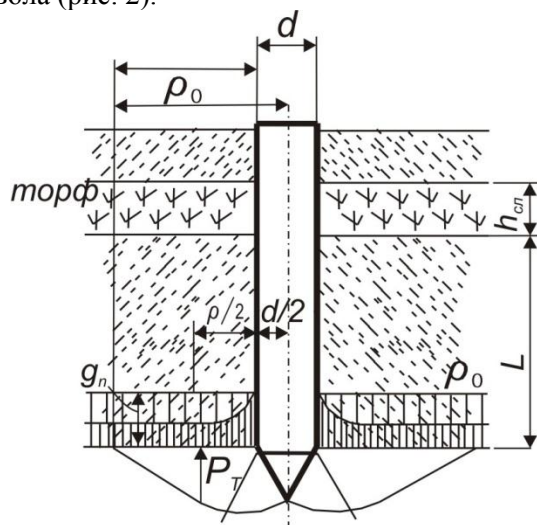


Рис. 2 Схема к учету влияния прослойки на работу острия

Величину P_T находим из выражения – $P_z = f_{cp}\beta$. Причем коэффициент β , входящий в эту формулу и обозначенный в данном расчете β_K ,

определяется по формуле $\beta_K = \frac{A_K}{C_K} \left(\frac{B_K}{r} \right)^{1/2}$.

Значения этого коэффициента приведены в табл. 1. Выражение для определения заглубления острия ниже слабой прослойки представим в виде

$$L_{\text{ост}} = \frac{P_{np}}{\rho g_n} \quad (11)$$

Здесь ρ – средневзвешенная плотность слоев грунта от подошвы слабой прослойки до острия сваи; P_{np} – напряжение, необходимое для деформации прослойки грунтом, вытесняемым при работе острия на величину Δ .

$$P_{np} = \frac{\Delta E_{сг}}{0,8 h_{сг}} \quad (12)$$

Таблица 1

Значения величин A_K , B_K , C_K и β_K при различных углах внутреннего трения грунта

ϕ	24°	26°	28°	30°	32°	44°	36°	38°	40°	42°
A_K	9,9	14,0	18,9	25,3	34,6	48,8	69,2	97,2	142,5	216,0
B_K	10,8	14,1	18,6	24,8	32,8	45,5	64,0	87,6	127,0	185,0
C_K	24,6	29,9	36,4	45,0	55,4	71,5	93,6	120,0	161,0	219,0
β_K	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17

Подставляя в выражение (11) значения g_n , P_T и P_{np} , получим

$$L_{\text{ост}} = \frac{P_{np}}{\rho g_n} = \frac{P_{np}}{\rho g_n} \quad (13)$$

Формулой (13) можно пользоваться также для приближенного определения минимальной величины погружения конца сваи квадратного

сечения ниже подошвы слабой прослойки. В этом случае

$$L_{\text{ост}} = \frac{P_{np}}{\rho g_n} \quad (14)$$

Здесь b – сторона квадратного сечения сваи.

Если принятое заглубление меньше L , то, подставив в (13) или (14) его фактическую величину, можно решить уравнение относительно $F_{до}$. Очевидно, что в этом случае значение предельной нагрузки на острие окажется меньше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герсевич Н.М. Определение сопротивления свай. Госстройиздат, 1932.
2. Горбунов-Посадов М.И. и др.

Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1985. 480 с.

3. ГОСТ 5686-78. Сваи. Методы полевых испытаний. М.: Стройиздат, 1978. 8 с.

4. Далматов Б.И., Лапшин Ф.К. Несущая способность висячих свай в грунтовых условиях Ленинграда // В кн.: Несущая способность свай в слабых грунтах. ЛДНТИ, Л., 1966, ч.2. 160 с.

5. Ивахнюк В.А., Кочерженко В.В., Винаков М.П., Воронцов А.А. Разработка и исследование модульных свай с развитой боковой поверхностью // Тезисы докладов

Международной конференции «Снижение материалоемкости и повышение эффективности конструктивно-технологических решений, проектирования и расчета зданий и сооружений». Белгород: БелГТАСМ, 1995. Ч. 2. С. 30–31.

6. Исследования свайных фундаментов // Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж: ВИСИ, 1984. 199 с.

7. Исследование прогрессивных конструкций свайных фундаментов // Сборник научных трудов. Уфа, 1989. 144 с.

8. Калачук Т.Г., Юрьев А.Г., Карякин В.Ф., Меркулов С.И. Повышение несущей способности опорных конструкций в

дисперсных грунтах. // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С.73–75.

9. Устич А.А., Черныш А.С. Регулирование напряженно-деформированного состояния грунта при устройстве фундаментов мелкого заложения. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 20–21.

10. Черныш А.С., Калачук Т.Г., Ашихмин П.С. Исследование работы сваи-инъектора в армированном геомассиве. // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2008. № 4/20. С. 49–53.

Kalachuk T.G., Zatolokina N.M., Bylin I.P.

TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF SOFT SOIL LAYERS, PENETRATED WITH A PILE, ON ITS LOAD-CARRYING CAPACITY

The article deals with the problems of designing piles, penetrating a soft soil layer. When there is soft soil at the upper layer of the construction site basement, it often requires the load transmission from the structure to firmer soils, occurring at great depth from the surface. In this case the foundations are usually made of friction piles. At the projecting stage it's necessary to determine the optimal penetration of piles under the soft soil layers, which depends on the capacity and soil compressibility. At this the soft soils, penetrated with a pile, can affect considerably the pile tips performance. The article substantiates the necessity of taking into account the influence of soft soil layers at the basement on piles' load-carrying capacity and delivers its forecasting technique.

Key words: soil, setting, deformation, pile, load-carrying capacity.

Калачук Татьяна Григорьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Городской кадастр и инженерные изыскания».

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

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

E-mail: gkadastr@mail.ru

Затолокина Наталья Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры «Городской кадастр и инженерные изыскания».

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

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

E-mail: gkadastr@mail.ru

Былин Илья Порфирьевич, старший преподаватель кафедры «Городской кадастр и инженерные изыскания».

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

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

E-mail: gkadastr@mail.ru

Аверкова О.А., д-р техн. наук, проф.,
Крутикова Д.Н., магистрант,
Логачев И.Н., д-р техн. наук, проф.,
Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.,
Уваров В. А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ В СПЕКТРЕ ДЕЙСТВИЯ БОРТОВОГО МЕСТНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОТСОСА*

kilogachev@mail.ru

Произведен расчет бортового отсоса от гальванической ванны различными методами. При помощи метода конформных отображений построены профили скоростей при разных размерах механического экрана. Показано влияние экрана на спектр всасывания. Найдена высота механического экрана, который исключает выделение в помещение паров с поверхности электролита, уменьшает количество удаляемого воздуха, а также снижает энергозатраты.

Ключевые слова: местный отсос, метод конформных отображений, гальваническая ванна

Данная статья является логическим продолжением статьи [1], где разработана математическая модель экранированного бортового отсоса, и относится к научному направлению снижения энергоемкости систем вентиляции [2–

4]. С использованием расчетных соотношений, полученных в указанной статье, построены профили вертикальной и горизонтальной составляющих скорости при разных размерах экрана (рис. 1–10).

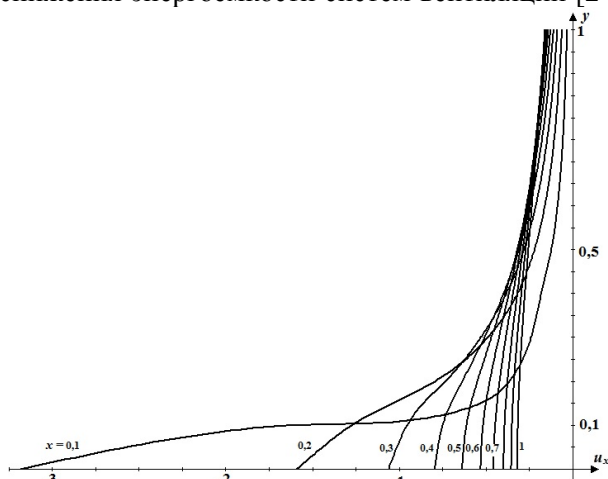


Рис. 1. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0$

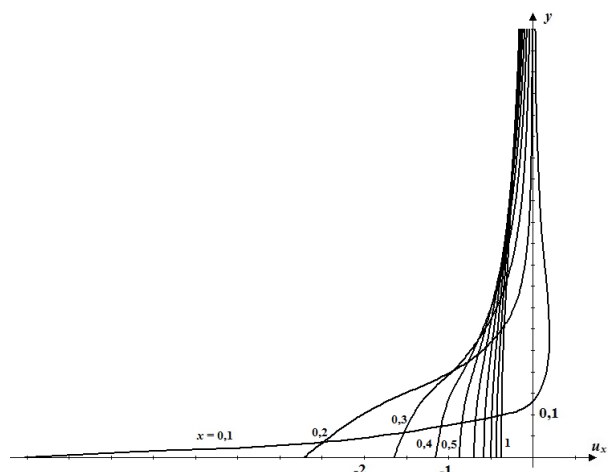


Рис. 3. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,2\text{ м}$

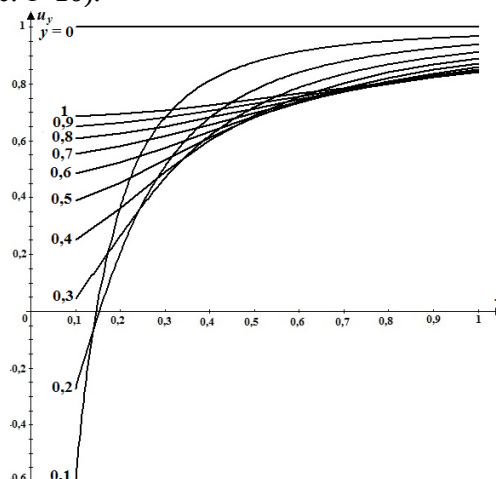


Рис. 2. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0$

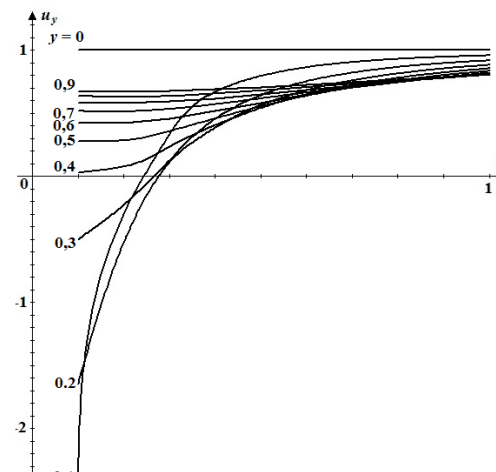


Рис. 4. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,2\text{ м}$

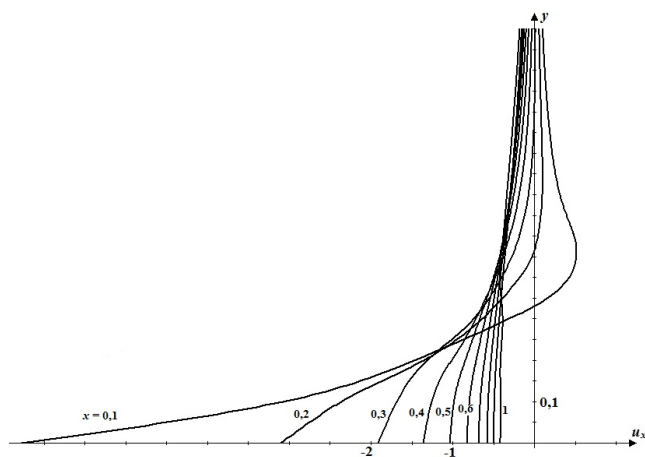


Рис. 5. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,4$ м

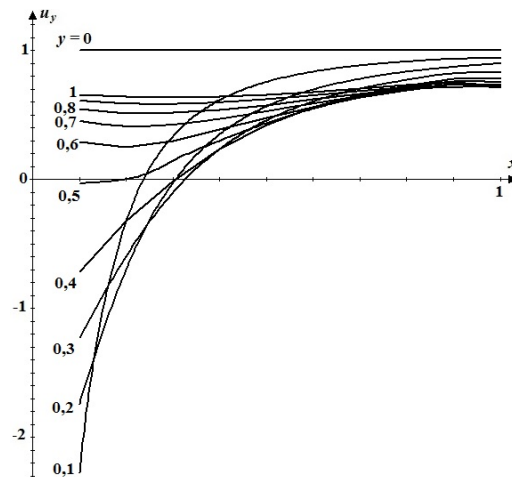


Рис. 6. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,4$ м

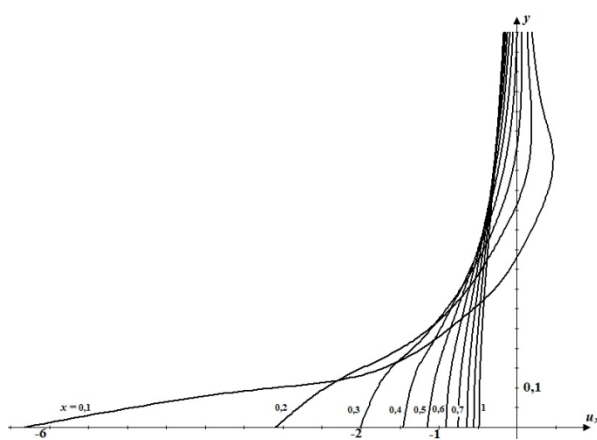


Рис. 7. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,6$ м

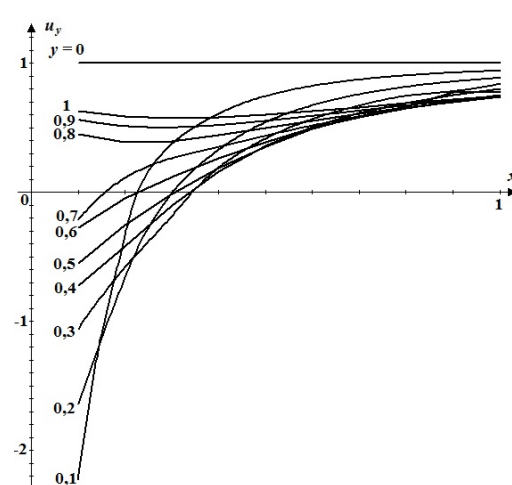


Рис. 8. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,6$ м

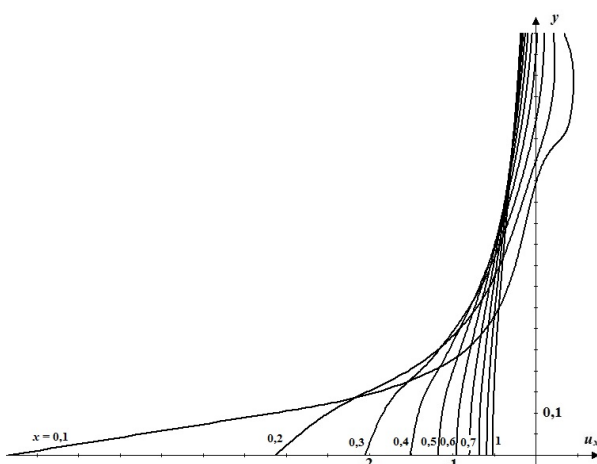


Рис. 9. Профиль горизонтальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,8$ м

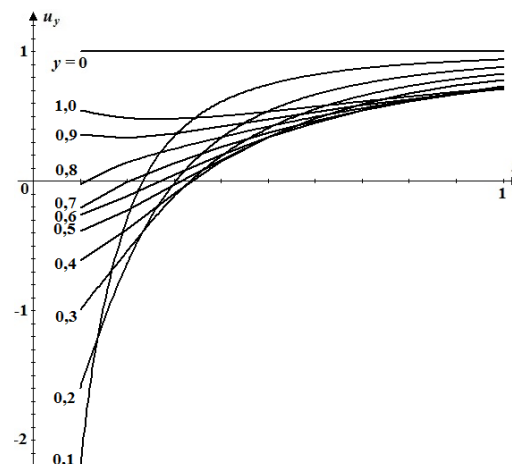


Рис. 10. Профиль вертикальной составляющей скорости при $Q_0=1$, $L_{\Pi}=1$, $r=1$, $B=1$, $h=0,8$ м

Как видно из этих графиков сносящая скорость отсасываемого воздуха u_x возрастает по абсолютной величине при увеличении высоты экрана h . Например, при $h > 0,2$ м горизонтальная составляющая скорости воздуха на расстоянии

$x > 0,1$ м ($y = 0$) превышает $6u_{\Pi}$, где u_{Π} - скорость восходящего потока паров электролита (см. рис. 3,5,7,9). В зоне прорыва вредных паров при тех же $Q_0=L_{\Pi}$ уменьшается область отрицательной величины скорости подъема паров и u_y увеличи-

вается при наличии экрана высотой уже более 0,2 м (см. рис. 2,4,6,8).

Определим требуемые объемы удаляемого воздуха для однобортового отсоса без экрана и с экраном. Расчет расхода отсасываемого воздуха произведем по методам ГИПРОНИИАВИА-ПРОМ и В.Н. Талиева. А затем сравним с результатами, полученными с помощью метода конформного отображения.

В качестве исходных данных для расчета используем технологические характеристики линий подготовки поверхности деталей перед операцией пассивирования деталей, а также параметры воздуха рабочей зоны (табл. 1), принятые по СанПин 2.2.4.548-96 и соответствующие категории работ по уровню энергозатрат 2а.

Таблица 1

Допустимые параметры внутреннего воздуха

Период года	Температура внутреннего воздуха t_v , °C	Относительная влажность внутреннего воздуха ϕ , %	Скорость движения воздуха v , м/с
Теплый	22,1–27	60	0,4
Холодный	17–18,9	15–75	0,1

Ванна обезжиривания, состав электролита: натрий едкий – 30–50 г/л, сода кальцинированная – 20–40 г/л, тринатрий фосфат – 30–50 г/л, жидкое стекло – 10–15 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 50 °C; ванна травления: соляная кислота – 150–350 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 10–25 °C; ванна глянцевого травления: азотная кислота – 410–430 г/л, серная кислота – 900–920 г/л, соляная кислота –

5–10 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 10–25 °C; ванна пассивирования: хромовый ангидрид – 70–90 г/л, серная кислота – 5–10 г/л, размеры ванны Д×Ш – 1,2×1 м, тр-ра = 10–25 °C.

Расчет по методу ГИПРОНИИАВИА-ПРОМ

Для, свободно стоящей, ванны обезжиривания расход удаляемого воздуха составит [6]:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{B_p l}{B_p + l} + H_p \right)^{\frac{1}{3}} B_p \right] k_{\Delta t} k_T k_1 k_2 k_3 k_4, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 1}{0,6 + 1} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,518 \cdot 1,6 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2585 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же для ванны травления:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 0,33}{0,6 + 0,33} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,108 \cdot 1,25 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1361 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же для ванны глянцевого травления:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 0,46}{0,6 + 0,46} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,108 \cdot 1,6 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1771 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

То же для ванны пассивирования:

$$L = \left[1400 \left(0,53 \frac{0,6 \cdot 0,46}{0,6 + 0,46} + 0,15 \right)^{\frac{1}{3}} 0,6 \right] 1,108 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 984 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарный объем удаляемого воздуха $\Sigma L = 6701 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расчет по методу проф. В.Н. Талиева

Расчет выполняем для температуры воздуха в помещении 17 °C, Н – расстояние от оси щели до уровня электролита примем равное 0. Согласно графику линий тока при $\frac{L_0}{L_n} = 2$, $\Delta H = 0,2284$ [5]. Находим L_n , для этого определим $\bar{H}$, $\Delta \bar{H}$, $\frac{L_0}{L_n}$, α , Q_0 , и.

Для ванны обезжиривания:

$$\bar{H} = \frac{H}{b} = \frac{0}{1} = 0,$$

$$\Delta \bar{H} = \frac{\Delta H}{b} = \frac{0,2284}{1} = 0,2284,$$

$$\frac{L_0}{L_n} \approx 1,8944,$$

$$\alpha = 2,05 \cdot (t_{ж} - t_{в})^{\frac{1}{3}} = 2,05 \cdot (50 - 17)^{\frac{1}{3}} = 6,57 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \text{°C},$$

$$Q_0 = \frac{\alpha b (t_{ж} - t_{в})}{1000} = 6,57 \cdot 1 \cdot \frac{50 - 17}{1000} = 0,217 \text{ кВт},$$

$$u = 0,155 Q_0^{\frac{1}{3}} = 0,155 \cdot 0,217^{\frac{1}{3}} = 0,09 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$L_{\pi} = 3600abu = 3600 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,09 = 402,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

$$L_0 = 1,8944 \cdot 402,4 = 762 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Для ванны травления, глянцевого травления и пассивирования:

$$\bar{H} = \frac{0}{1} = 0,$$

$$\Delta \bar{H} = \frac{0,2284}{1} = 0,2284,$$

$$\frac{L_0}{L_{\pi}} \approx 1,8944,$$

$$\alpha = 2,05 \cdot (25 - 17)^{\frac{1}{3}} = 4,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{С},$$

$$Q_0 = 4,1 \cdot 1 \cdot \frac{25 - 17}{1000} = 0,033 \text{ кВт},$$

$$u = 0,155 \cdot 0,033^{\frac{1}{3}} = 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$L_{\pi} = 3600 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,05 = 216 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

$$L_0 = 1,8944 \cdot 216 = 409 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Суммарный объем удаляемого воздуха $\Sigma L_0 = 1989 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расчет экранированного одностороннего отсоса

В методике В.Н. Талиева ванна расположена у стены, т.е. имеет бесконечный экран, соотношение $\frac{L_0}{L_{\pi}} \approx 1,8944$. В производстве случаи расположения ванны у стены встречаются очень редко. Мы же получили соотношение $\frac{L_0}{L_{\pi}} = 2$, установив экран $h=0,8\text{м}$; L_0 для экранированного бортового отсоса для ванн: обезжиривания – $804,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, травления, глянцевого травления и пассивирования – $432 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$. Суммарный объем удаляемого воздуха $\Sigma L_0 = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}$, что в 3

раза меньше чем расчетный объем удаляемого воздуха по методике ГИПРОНИИАВИАПРОМ.

Заключение. Для того чтобы поддерживать требуемые условия микроклимата в гальванических цехах нужны эффективные местные отсосы. На сегодняшний день существуют различные методики расчета и большое количество конструкций бортовых отсосов. Нередко расходы удаляемого воздуха или завышены, или занижены. В первом случае имеем высокий расход электроэнергии, во втором нарушение требований к воздуху рабочей зоны. В работе показано влияние экрана на спектр всасывания. Правильно подобранная высота экрана ($h \approx 0,8\text{В}$) исключает выделение в помещение паров с поверхности электролита, уменьшает количество удаляемого воздуха, а также снижает энергозатраты.

**Исследования выполнены по гранту РФФИ №16-08-00074а*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверкова О.А., Крутикова Д.Н., Логачев И. Н., Логачев К.И., Уваров В. А., Математическое моделирование течения вблизи экранированного бортового отсоса// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. №9. С. 96–102.
2. Киреев В.М., Минко В.А. Разработка аспирационных укрытий и инженерной методики их расчета// Безопасность труда в промышленности. 2013. № 2. С. 42–46.
3. Минко В.А., Юров Ю.И., Овсянников Ю.Г. Нагнетатели в системах теплогазоснабжения и вентиляции// Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С. 86–87.
4. Маконин А.Л., Семенов А.С. Бункеры силосного типа //Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 42–43.
5. Талиев В.Н.. Аэродинамика вентиляции. М.: Стройиздат, 1979, 295 с.
6. Рекомендации по проектированию отопления и вентиляции гальванических и травильных цехов. ГИПРОНИИАВИАПРОМ, 1989. 78 с.

Averkova O.A., Krutikova D.M., Logachev I.N., Logachev K.I., Uvarov V.A.

CALCULATION OF FLOW IN THE SPECTRUM OF ACTION

AIRBORNE LOCAL VENTILATION SUCTION

The paper calculated the board extraction from the electroplating bath by various methods. Using the method of conformal mappings built velocity profiles for different sizes of the mechanical screen. Displaying the screen effect on the spectrum of absorption. Found height mechanical screen, which eliminates the vapor space in the allocation to the electrolyte surface, reduces the amount of exhaust air, and reduces power consumption.

Key words: local suction, the method of conformal mapping, galvanic bath.

Аверкова Ольга Александровна, доктор технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: olga_19572004@mail.ru

Крутикова Дарья Михайловна, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

Логачев Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: logachevin@mail.ru

Логачев Константин Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: kilogachev@mail.ru

Уваров Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: v_a_uvarov@mail.ru

Суслов Д.Ю., канд. техн. наук, доц.,
Выродов Г.К., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ САПР

suslov1687@mail.ru

В настоящее время наблюдается рост потребления природного газа в различных отраслях промышленности, что требует разработки и строительства протяженных и разветвленных систем газопроводов. При проектировании тупиковых и кольцевых сетей газопроводов производится гидравлический расчет, с помощью которого производится подбор и уточнение необходимых диаметров участков сети. Применение систем автоматизированного проектирования позволяет оптимизировать затраты на проектирование и разработку систем любого назначения. Рассмотрены теоретические аспекты газодинамического расчета газовых сетей низкого давления. Разработана и рассчитана кольцевая сеть газопроводов низкого давления с общим расходом газа 683,6 м³/ч. Произведен поверочный расчет в программном комплексе «Hydraulic Calculator», в результате которого были определены гидравлические режимы работы сети. Также произведен газодинамический расчет сети низкого давления в программе «Расчёт диаметра газопровода согласно СП 42-101-2003», в результате которого подобраны диаметры участков сети из современных полиэтиленовых трубопроводов.

Ключевые слова: газоснабжение, газовые сети, проектирование, газодинамический расчет, программные комплексы.

Введение. С каждым годом потребление всех видов топлива растет, в том числе и природного газа. Это требует разработки и строительства необходимых транспортных линий – систем газопроводов. Для проектирования газопроводов, особенно в условиях большой протяженности и разветвленности производится гидравлический расчет, с помощью которого производится подбор и уточнение необходимых диаметров для экономически выгодного транспортирования газа [1–3]. Разработка большого проекта требует значительного количества времени, трудовых и материальных ресурсов. В последнее время для проектирования инженерных систем широко используются системы автоматизированного проектирования, которые позволяют оптимизировать затраты на строительство систем любого назначения, в том числе и систем газоснабжения [3–5].

Применение САПР позволяет решить ряд важных задач, основные из которых: повышение эффективности труда инженеров; сокращения сроков, трудоёмкости проектирования и планирования; сокращения себестоимости проектирования и изготовления системы; повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования.

В практике эксплуатационных организаций конфигурация сети, длины участков распределительных трубопроводов, их диаметры, нагрузки потребителей и давления источников, а также технологические ограничения (допустимые давления потребителей), в общем случае, известны.

Наибольший интерес вызывает расчет технологических параметров системы газоснабжения, в первую очередь, давлений и перепадов, при изменяющихся расходах потребителей, различных давлениях источников и изменениях геометрических параметров системы газоснабжения.

Методика. При описании движения газа по трубопроводам низкого давления используются законы и уравнения газовой динамики. Газодинамический расчет газовых сетей проводился на специализированных программных продуктах «Hydraulic Calculator» и «Расчёт диаметра газопровода согласно СП 42-101-2003».

Основная часть. При выполнении гидравлического расчета любого газопровода следует учитывать плотность газа, зависящую от давления, которое снижается по ходу движения газа по газопроводам. Это условие справедливо для любой линии транспортирования газа, однако для сетей низкого давления принимается допущение неизменности плотности, что упрощает учет давления и позволяет рассчитывать диаметры на постоянный расход газа. В системах автоматизированного проектирования эти нюансы также учитываются, их закладывают уже в процессе разработки программных средств.

Гидравлические расчеты распределительных газовых сетей выполняются на основании общих уравнений газовой динамики, устанавливающих связь между диаметром трубопровода, потоком газа и перепадом давления для участка трубопровода известной длины и конструкции, и математических методов, обеспечивающих

решение задачи гидравлического расчета с заданной точностью [6–8].

Для определения потерь давления по длине dx на преодоление гидравлических сопротивлений газопровода используется уравнение Дарси, представленное в дифференциальной форме:

$$dp = -\lambda \frac{dx}{d} \cdot \rho \frac{w^2}{2}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент трения; d – внутренний диаметр газопровода

В уравнении (1) плотность ρ является переменной величиной, поэтому скорость движения газа при постоянном диаметре трубы будет также переменна.

Уравнение, учитывающее изменение плотности, которая находится в зависимости от давления, записывается:

$$p = \rho RT. \quad (2)$$

Для замыкания системы примем уравнение неразрывности потока:

$$M = \rho w F = \rho_0 w_0 F_0 = \rho_0 Q_0, \quad (3)$$

где M – массовый расход, а Q_0 – объемный расход, приведенный к нормальным условиям

Преобразовывая уравнение, получаем:

$$\rho w = \rho_0 Q_0 / F; \quad w = \frac{\rho_0 Q_0}{\rho F}, \quad (4)$$

отсюда

$$\rho w^2 = \frac{Q_0^2 \rho_0}{F^2} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} \quad (5)$$

Используя уравнение состояния, получим выражение, в котором учитывается равенство отношений плотностей и давлений:

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{p_0 T}{p T_0}. \quad (6)$$

Используя уравнения (1-6) получим выражение движения газа по газопроводу:

$$-p dp = \frac{16}{2\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 p_0 \frac{T}{T_0} dx. \quad (7)$$

Проинтегрировав уравнение (7), и учитывая, что параметры λ и T являются постоянными в пределах от p_n до p_k и от $x_1 = 0$ до $x_2 = l$ (l – длина газопровода) получим зависимость:

$$p_n^2 - p_k^2 = 1,62 \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 p_0 \frac{T}{T_0} l \quad (8)$$

Уравнение (8) является основным для проведения гидравлических расчетов газопроводов низкого и высокого давлений, при условии, что течение газа – изотермическое.

Если рассматривать городские сети, в которых при нормальных режимах работы температура транспортируемого газа равна примерно 0°C , поэтому решено принять отношение $T/T_0 = 1$. Учитывая это условие, формула (8) принимает вид:

$$p_n^2 - p_k^2 = 1,62 \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 p_0 l \quad (9)$$

Для проведения автоматизированных расчетов газовых сетей низкого давления использовались программные продукты для гидравлического расчета: «Hydraulic Calculator» и «Расчёт диаметра газопровода согласно СП 42-101-2003».

Рассмотрим сеть низкого давления (рис. 1), рассчитанную вручную с помощью номограмм и таблиц, и произведем поверочный расчет данной сети газоснабжения на базе программного комплекса «Hydraulic Calculator».

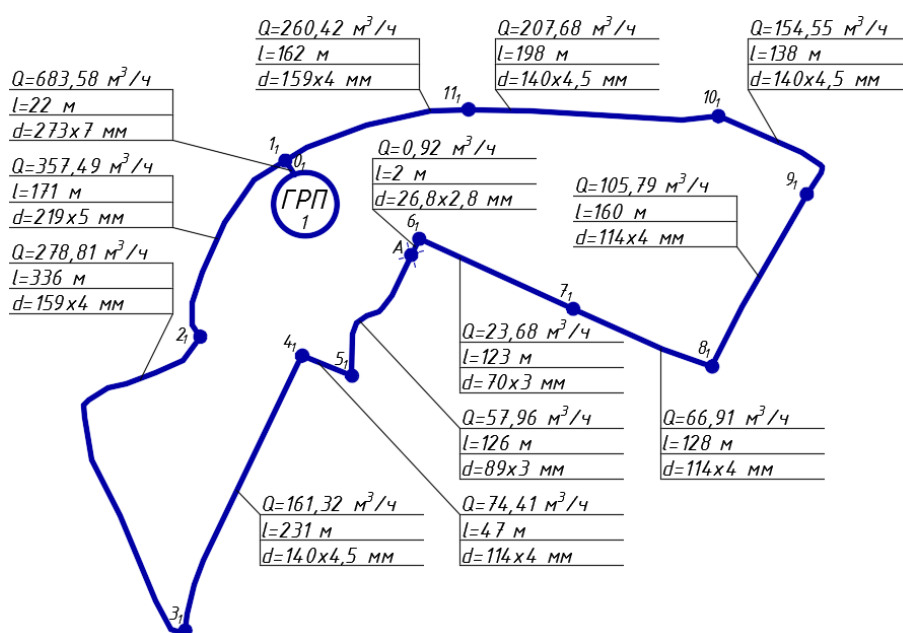


Рис. 1. Расчетная схема сети газопроводов низкого давления

Программа гидравлического расчета «Hydraulic Calculator» предназначена для расчета распределительных систем газоснабжения высокого, среднего или низкого давлений (фрагментов схем, врезок, газопроводов отводов и пр.) любой геометрической сложности и предназначена для инженерно-технического персонала проектных организаций и специалистов газовых хозяйств [5].

«Hydraulic Calculator» отличается расширенными сервисными возможностями для проведения многовариантных гидравлических расчетов и возможностью выполнения оптимизационных расчетов для подбора диаметров существующих (реконструируемых) и проектируемых газопроводов.

ия, введены необходимые расчетные данные: диаметры труб, расходы газа и длины участков.

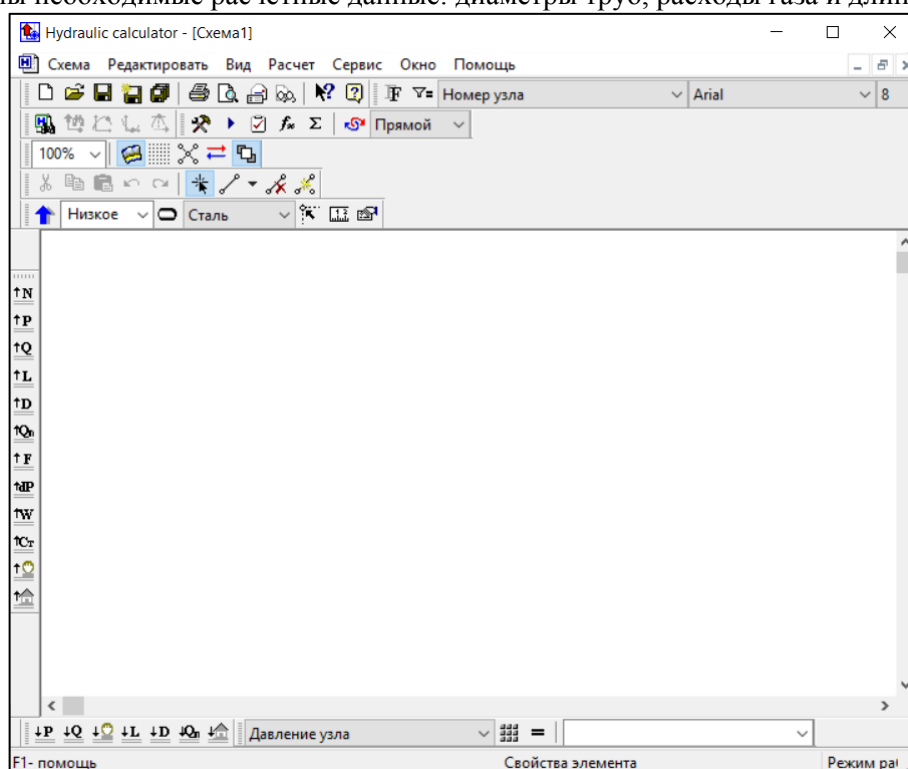


Рис. 2. Программа «Hydraulic Calculator»

Далее перенесем эту схему в программу, без учета ее геометрических неровностей с указанием расчетных расходов газа по участкам сети (рис. 3).

Поверочный расчет, проведенный в «Hydraulic Calculator», показал, что точка встречи газовых потоков была выбрана правильно, в чем можно убедиться на рисунке 3 (точка 12). При этом полученные значения расходов газа по участкам сети близки со значениями, рассчитанными с помощью номограмм и таблиц, что также указывает на правильность проведенных вычислений. Необходимо отметить, что в расчетах сети низкого давления не имеют «точечных» потребителей, а рассматриваются только путевые расходы газа.

Ввод расчетных схем систем распределительных трубопроводов состоит из ввода графической части расчетной схемы – участков трубопроводов, узлов сочленений, потребителей и источников системы газоснабжения и описательной – значений технологических параметров конструктивных элементов системы.

Программа позволяет реализовать как совмещенную, так и отдельную технологию ввода графической и описательной компонент данных.

Для создания расчетной схемы был создан файл данных и, определив режим гидравлического расчета, была выбрана ступень давления рассчитываемой схемы – «низкое давление», материал трубопроводов – сталь (рис. 2). Далее были построены схемы сетей газоснабжен

Еще одним программным продуктом, используемым при проектировании систем газоснабжения, является программа «Расчет диаметра газопровода согласно СП 42-101-2003» (рис. 4). Она достаточно проста, но в то же время информативна и наглядно представляет результаты расчета.

Программа основывается на своде правил СП 42-101-2003 и производит расчет гидравлических потерь на участке трубопровода сети [9, 10]. Следует учесть, что гидравлический расчет для выбора диаметра проектируемого газопровода производится предварительный, поэтому остальные обязательные шаги расчета необходимо провести разработчику проекта.

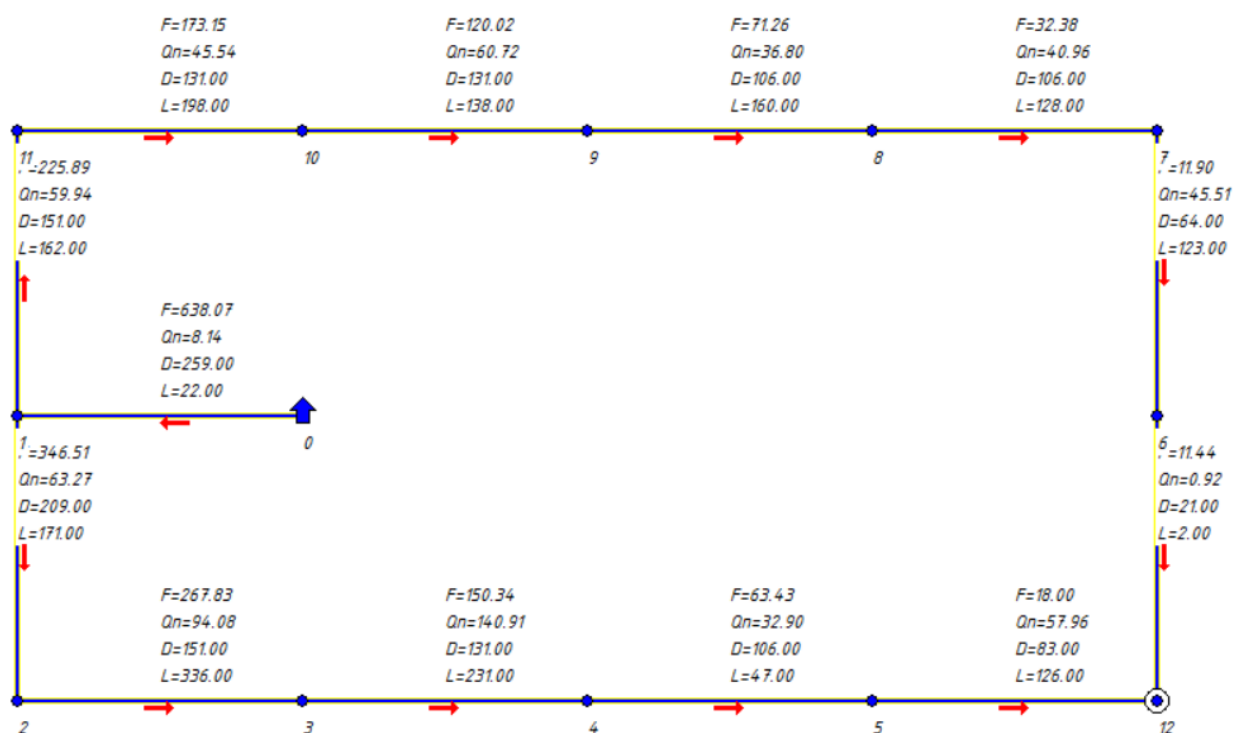


Рис. 3. Схема сети газопроводов низкого давления, построенная в программе «Hydraulic Calculator»


Расчет диаметра газопровода согласно СП 42-101-2003

0 программа

Лицензионное соглашение

Гидравлический расчет

Расчет скорости газа

Исходные данные

Категория сети

Распределительные газопроводы Н.Д.

▼

Допустимые потери давления в сети (даПа)

120

Усредненное давление газа, абсолютное в сети (МПа)

0.325

Расход газа при нормальных условиях (нм3/час)

260.42

Материал газопровода

Полиэтилен

▼

Плотность газа в стандартных условиях (кг/м3)

0.72

Длина газопровода (м)

162

Расчитать

Проектирование газоснабжения

Результат расчета

Расчетный диаметр (мм)

158.67

Скорость газа (м/сек)

4.7

Стандарт. диаметр (мм)

140

Число Рейнольдса

45413.14

Удельные потери (Па/м)

0.673401

Падение давления на расч. длине газ-да (Па)

199.590923

категория сети (A)

626

материал (B)

0.022

0.0446

m

2

1.75

m1

5

4.75

допустимый перепад давления

180

120

60

0.18

▲

▼

Рис. 4. Общий вид программы для расчёта диаметра газопровода

За основу была принята сеть низкого давления, представленная на рисунке 1, при этом основным материалом для трубопроводов был

принят полиэтилен. Запроектированная схема сети низкого давления представлена на рисунке 5.

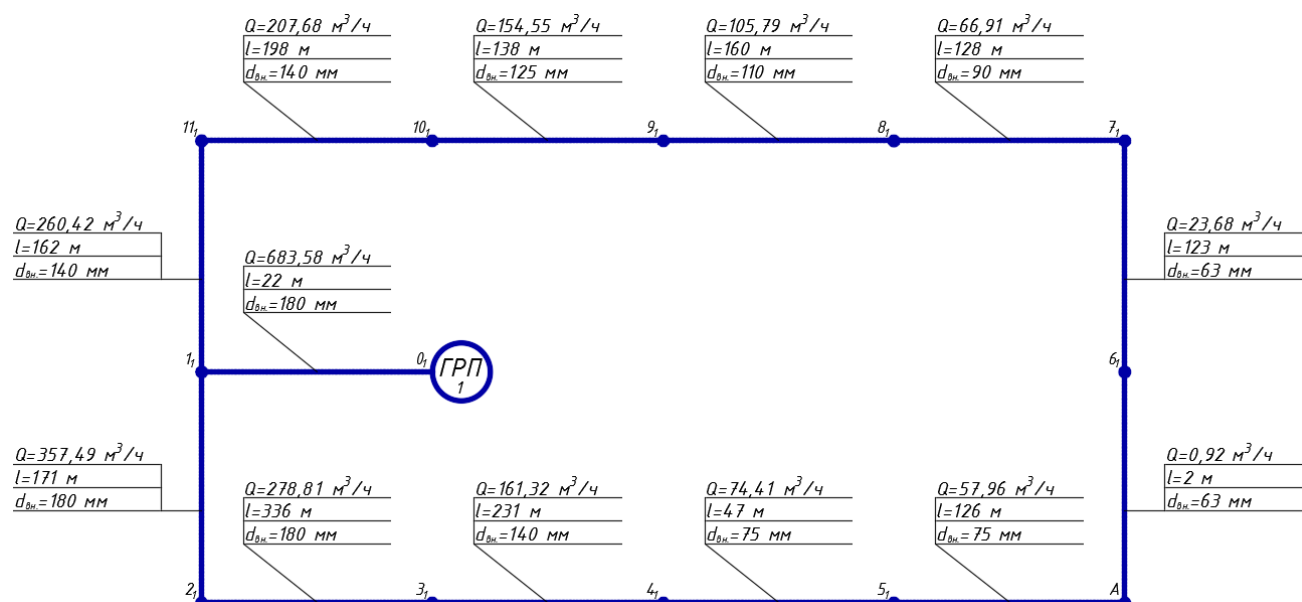


Рис. 5. Схема сети газопроводов низкого давления, рассчитанная по программе «Расчёт диаметра газопровода согласно СП 42-101-2003»

В результате расчета были определены диаметры участков газопроводов с учетом допустимых потерь давления и скоростей газа. При этом в данном программном комплексе одним из входных параметров является плотность газа, что позволяет производить расчеты трубопроводов для транспортировки горючих газов различного состава.

Заключение. Применение систем автоматизированного проектирования позволяет достичь необходимого качества и скорости подготовки проектных решений. Кроме того программные решения позволяют сэкономить трудозатраты специалистов без ущерба качеству работы.

Выводы. Рассмотрены теоретические аспекты газодинамического расчета газовых сетей низкого давления. Разработана и рассчитана кольцевая сеть газопроводов низкого давления с общим расходом газа $683,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Произведен поверочный расчет в программном комплексе «Hydraulic Calculator», в результате которого были определены гидравлические режимы работы сети. Также произведен газодинамический расчет сети низкого давления в программе «Расчёт диаметра газопровода согласно СП 41-101-2003», в результате которого подобраны диаметры полиэтиленовых трубопроводов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Газоснабжение: учеб. / А. А. Ионин [и др.]; под общ. ред. В. А. Жилы. - М.: АСВ, 2011. 472 с.
2. Суслов Д.Ю. Разработка системы газоснабжения сельскохозяйственного предприятия

с использованием биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 183–186.

3. Nasr G.G., Connor N.E. Natural Gas Engineering and Safety Challenges // London. 2014. 418 p.

4. Herran-Gonzalez A, De La Cruz J.M., De Andres-Toro B, Risco-Martin J.L. Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network // Applied Mathematical Modelling. 33 (2009). 1584-1600.

5. Расчет гидравлических потерь газопровода (расчет диаметра). Сайт компании «Proekt-gaz» [Электронный ресурс]. URL: <http://proekt-gaz.ru/load/6-1-0-27>.

6. Чугаев Р.Р. Гидравлика: учебник для вузов. М.: Ленинград энергоиздат, 1982. 672 с.

7. Борисов С.Н. Гидравлические расчеты газопроводов. М.: Издательство «Недра», 1972. 107 с.

8. СП 62.13330.2011. Свод правил. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.

9. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.

10. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб.

Suslov D.Yu., Vyrodov G.K.**GAS DYNAMIC CALCULATIONS GAS NETWORKS LOW PRESSURE WITH THE USE OF CAD**

Currently, there is growth in natural gas consumption in various industries that require the design and construction of long and branched pipeline systems. When designing a dead-end and ring networks gas produced hydraulic calculation by which made the selection and specification of the required diameter sections of the network. The use of computer-aided design to optimize the costs of the design and development of systems for any purpose. The theoretical aspects of the gas-dynamic calculation of low pressure gas networks. Developed and designed a ring network of low-pressure gas pipelines with a total gas flow rate of 683.6 m³/h. Made in the confirmatory analysis software package «Hydraulic Calculator», as a result of which were determined hydraulic modes of the network. Gas-dynamic calculation of the low-pressure network is also made in the "Calculation of the diameter of the pipeline according to the SP 42-101-2003", in which the diameters are selected sections of the network of modern polyethylene pipes.

Key words: *gas, gas network design, gas-dynamic calculation software packages*

Суслов Денис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: suslov1687@mail.ru

Выродов Георгий Константинович, студент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Логачев И.Н., д-р техн. наук., проф.,
Попов Е.Н., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЛЕКТИВА ПАДАЮЩИХ ЧАСТИЦ С ВОЗДУХОМ*

Evg-popov@yandex.ru

В горноперерабатывающей промышленности значительная часть технологических процессов сопровождаются загрузками сыпучего материала в различные емкости и бункера. При загрузке бункеров силосного типа саморазгружающимися тележками проблема выбивания пыли из загрузочных проемов стоит особенно остро. Работа посвящена совершенствованию методов расчета аспирации при загрузках бункеров силосного типа полидисперсным материалом. Предложен новый статистический подход к учету условий стесненности на коэффициент лобового сопротивления частиц в условиях свободной струи падающего материала. При падении свободной струи материала частицы более крупных фракций затеяют мелкие и пылевые частицы, аэродинамическое сопротивление которых в таких условиях не значительно. Был предложен аналитический вывод вероятности активного воздействия на воздух частиц, находящихся вне аэродинамической тени, что позволяет получить методику оценки эжектирующей способности потока частиц при обеспыливании бункеров силосного типа. При дальнейшем развитии данного подхода возможен вывод вероятности аэродинамического взаимодействия частиц полидисперсного материала. Учет дисперсности перегружаемого материала позволит рассчитать оптимальное количество аспирационного воздуха и снизить энергопотребление систем аспирации.

Ключевые слова: аспирация бункеров, загрузка бункеров, полидисперсный материал, эжектирование воздуха, динамика частиц, аэродинамика, обеспыливающая вентиляция.

Введение. Значительная часть технологических процессов переработки горных пород сопровождаются загрузками сыпучего материала в различные емкости и бункера.

Расход аспирационного воздуха, удаляемого от местных отсосов является основным параметром, определяющим энергоемкость и стоимость эксплуатации вытяжной вентиляции.

Существующие методики определения расхода эжектируемого воздуха, предполагают замену реального полидисперсного материала неким монофракционным материалом, имеющим частицы некоторого среднего диаметра. Большая часть обрабатываемых материалов являются полидисперсными, что приводит к необходимости введения опытных коэффициентов.

В случае значительной площади загрузочных проемов, что характерно для бункеров силосного типа как правило руководствуются защитной скоростью 0,5–1 м/с, обеспечивающей невыбивание запыленного воздуха из бункера. Такой подход приводит к значительным расходам аспирационного воздуха, не учитывающих как особенностей самого перегружаемого материала, так и аэродинамических процессов протекающих внутри бункера.

В связи с этим уточнение существующих методик расчета и проектирования систем аспирации на предприятиях горноперерабатывающей

отрасли является весьма актуальной задачей.

Фундаментальные основы теории эжекции воздуха равноускоренным потоком падающих частиц были заложены С.Е. Бутаковым [1] и развиты О.Д. Нейковым [2]. В последние годы проблемой снижения объемов аспирируемого воздуха в России занимались В.А. Минко, И.Н. Логачев [3], К.И. Логачев [4], изучившие закономерности движения сыпучих материалов по желобам. Так же проблемами аспирации бункеров занимались Семинко А.С., Гольцов А.Б. [5, 6]. За рубежом известны работы Олифера В.Д. [7], Ze Qin Liu [8]. Однако в трудах этих ученых рассматриваются главным образом монофракционные потоки в то время как большинство перерабатываемых материалов полифракционные.

Основная часть. Аэродинамическое взаимодействие коллектива частиц в струе материала и эжектируемого воздуха, как известно [4], определяется суммой аэродинамических сил всех частиц этого коллектива в единице объема $dV = S \cdot dx$:

$$dA = c \cdot R \cdot S \cdot dx, \quad (1)$$

где $R = \psi \cdot F_m \cdot \rho \frac{(v-u)^2}{2}$ – аэродинамическая сила одной частицы, Н; ρ – плотность воздуха,

кг/м³; c – счетная концентрация частиц, 1/м³; dV – элементарный объем двухкомпонентной среды «твердые частицы – воздух», м³; F_m – площадь миделевого сечения частицы, м²; u – скорость эжектируемого воздуха, м/с; ψ – коэффициент лобового сопротивления частицы, зависящий в общем случае, от геометрической формы, числа Рейнольдса относительного движения и объемной концентрации этих частиц.

В отличие от достаточно полно изученного механизма межкомпонентного взаимодействия в потоке усредненных по крупности частиц мы будем рассматривать аэродинамическое взаимодействие потока частиц с разными эквивалентными диаметрами $d_1 > d_2 > \dots d_N$, т.е. поток полифракционного сыпучего материала, состоящего из N фракций.

Будем рассматривать ускоренный поток свободно падающих частиц, объемная концентрация которых уменьшается по мере перемещения материала от "насыпной" (во время транспортировки конвейером или в момент сбрасывания)

$$\beta_n = \frac{\rho_{nc}}{\rho_c}$$

до "разреженной" (при падении)

$$\beta = \frac{G}{S \cdot \rho_m \cdot v}, \quad (2)$$

где G – массовый расход падающих частиц, кг/с; S – площадь поперечного сечения струи частиц, м²; v – скорость падения частицы, м/с; ρ_m , ρ_{nc} – соответственно, плотности материала частиц и их насыпная плотность, кг/м³.

Чтобы не вводить эмпирические поправки на коэффициент ψ^* , связанные со стесненностью частиц в процессе их падения используем вероятностный подход. Так как обычно эти поправки связаны с объемной концентрацией потока частиц условной монофракции, а не реального потока частиц разной крупности. Предположим, что коэффициент лобового сопротивления частиц i -й фракции пропорционален вероятности активного аэродинамического взаимодействия этой частицы P_{ai} :

$$\psi_i = K_p \cdot \psi_{oi} \cdot P_{ai}; \quad (3)$$

$$P_{ai} = 1 - P_i(T_i),$$

где $K_p \leq 1$ – коэффициент пропорциональности (в дальнейшем коэффициент пропорциональности K_p принимаем равным единице); $P_i(T_i)$ –

вероятность нахождения частицы в аэродинамической тени; ψ_{oi} – коэффициент лобового сопротивления одиночной (свободной, не затененной) частицы i -й фракции.

Таким образом под вероятностью P_{ai} будем понимать отношение количества частиц, находящихся вне аэродинамической тени к общему количеству частиц в рассматриваемом объеме двухкомпонентной смеси. Ее величина в процессе падения частиц будет возрастать практически от нуля (в момент сбрасывания, когда все частицы находятся в аэродинамической тени соседних частиц) до величины, близкой к единице (при весьма разреженном коллективе частиц, падающих с большой скоростью).

Рассмотрим случай падения коллектива одинаковых по массе частиц.

Полагаем, что место положения частицы в элементарном объеме равновероятно и объемная концентрация этих частиц равна:

$$\beta = \frac{G}{S \cdot \rho_m \cdot v}, \quad (4)$$

где G – массовый расход частиц, кг/с; S – поперечное сечение струи, м²; ρ_m – плотность частиц, кг/м³; v – скорость частиц, м/с.

В силу этого вероятность нахождения частицы в аэродинамической тени $P(T)$ других частиц в этом элементарном объеме составляет:

$$P(T) = \frac{\Omega \cdot c \cdot dV}{dV - W \cdot c \cdot dV}, \quad (5)$$

где c – счетная концентрация частиц в элементарном объеме $dV = S \cdot dx$, шт/м³, очевидно равна

$$c = \frac{\beta}{W}, \quad (6)$$

W – объем одной частицы, м³, Ω – объем аэродинамической тени одной частицы, м³

Тогда с учетом (6) имеем:

$$P(T) = \frac{\Omega \cdot \beta}{1 - \beta}, \quad (7)$$

Вероятность активного воздействия частиц на воздух, которую можно рассматривать как противоположное событие нахождению частиц в аэродинамической тени, равна:

$$P(A) = 1 - P(T) = 1 - \frac{K \cdot \beta}{1 - \beta}, \quad (8)$$

где

$$K = \frac{\Omega}{W} \quad (9)$$

Объем аэродинамической тени зависит от формы частиц и числа Рейнольдса. При $Re > 10^5$ по данным академика Скочинского А.А., приведенных в справочнике И.Е. Идельчика [9]: а) для случая поперечного обтекания бруса сечением $a \times b$ (вектор скорости воздуха направлен вдоль длинной стороны a): $K = 30$ при $a/b = 2,2$ ([9], стр. 407); б) для случая поперечного обтекания цилиндра диаметром d : $K = 100$; в) для случая поперечного обтекания диска диаметром d и толщиной δ (вектор скорости воздуха направлен перпендикулярно плоскости диска): $K = 4,8 \frac{d}{\delta}$, ([9], стр. 4067) ($K = 48$ при $\delta = 0,1 d$), ([9], стр. 397).

В данном случае в качестве длины аэродинамической тени принималось наименьшее расстояние между двумя одинаковыми телами, когда суммарный коэффициент лобового сопротивления становится равным удвоенному коэффициенту лобового сопротивления одиночного тела. Если принять более жесткие условия для аэродинамической тени, например, если принять, что при нахождении частицы в "плотной" тени суммарный коэффициент равен коэффициенту сопротивления одиночной частицы, то отношение $\Omega/W = 10$ – для случая "а"; $\Omega/W = 3$ – для случая "б"; $\Omega/W = 2 \cdot d/\delta$ – для случая "в".

Примем средневзвешенное значение K для рассмотренных тел при двукратном значении суммы коэффициентов местного сопротивления в качестве реперного расчета $K = \frac{30 + 100 + 48}{3} = 63$.

Очевидно, вероятность нахождения в аэродинамической тени двух и более частиц ($n > 2$) будет равна произведению вероятности

$$P_n(A) = \left(\frac{K \cdot \beta}{1 - \beta} \right)^n, \quad (10)$$

или т.к. $\beta \ll 1$

$$P_n(A) \approx (K \cdot \beta)^n (1 + n \cdot \beta), \quad (11)$$

Для потока свободно падающих частиц с конвейера уже на высоте $H = 1$ м объемная концентрация чаще всего $\beta < 0,01$, и потому вероятность нахождения частицы в "плотной" тени второй частицы, скажем для случая "б" (при $K = 3$), составляет $P_2(T) \leq 0,001$. Можем этот случай считать маловероятным, поскольку веро-

ятность его по сравнению со случаем нахождения в тени первой частицы по крайней мере на порядок больше.

Однако в случае потока полифракционных частиц этой вероятностью пренебрегать нельзя. Дальнейшая работа должна быть направлена на определение вероятностей активного аэродинамического взаимодействия для полидисперсного материала.

Заключение. Поток падающего материала условно разделяется на аэродинамически активные частицы и частицы, находящиеся в аэродинамической тени и не участвующие в силах аэродинамического взаимодействия при эжектировании воздуха в свободных струях падающего материала.

Выводы. Произведен аналитический вывод вероятности активного воздействия частиц на воздух в свободной струе падающего материала, позволяющий не прибегая к эмпирическим соотношениям определить эжектирующую способность этой струи. Усовершенствованная методика расчета расхода аспирационного воздуха при загрузках бункеров силосного типа, позволит снизить энергоемкость систем аспирации.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект # 14-41-08005 р оф и м), а так же в рамках НИР «Разработка методик расчета систем обеспыливания и исследование условий загрузки бункеров с учетом дисперсности материалов» НИР: Б8/13.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутаков С. Е. Аэродинамика систем промышленной вентиляции. М.: Профиздат, 1949. 268 с.
2. Нейков О. Д., Логачев И. Н. Аспирация и обеспыливание воздуха при производстве порошков. М.: Металлургия, 1981. 192 с.
3. Обеспыливающая вентиляция: монография / В.А. Минко, И.Н. Логачев, К.И. Логачев и др.; под общ. ред. В.А. Минко. Белгород: изд-во БГТУ, 2010. 565 с.
4. Logachev K.I., Averkova O.A., Tolmacheva E.I., Logachev A.K., and Dmitrienko V.G., Modeling of Air and Dust Flows in the Range of Action of a Round Suction Funnel Above an Impermeable Plane. Refractories and Industrial Ceramics. 2016. 57. P. 103–107.
5. Попов Е.Н., Семенов А.С. Определение объемов аспирационного воздуха при обеспыливании бункеров // Наука и молодежь в начале нового столетия: Материалы III Международной науч.-практ. конф. Губкин: ИП Уваров В.М. 2010. С. 71–75.

6. Гольцов А.Б., Киреев В.М., Попов Е.Н. Проблемы комплексного обеспыливания при переработке рудных материалов // Сборник трудов № 4. Воронеж: изд-во ВГАСУ, 2007. С. 123–129.

7. Гervасьев А. М., Олифер В. Д. Некоторые результаты исследования процессов, происходящих при перегрузке сыпучих материалов по вертикальным желобам. – В об. Обеспыливающая вентиляция / ВНИОТ г. Свердловск. 1973. 3–9 с.

8. Liu Ze Qin, 2003. Air entrainment in free falling bulk materials, Doctor of Philosophy thesis, Faculty of Engineering, University of Wollongong.

9. Идельчик И. Е.. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Книга по Требованию, 2012. 466 с.

10. Пулачев В.С. Теория вероятности к математической статистике. Москва: Наука, 1979. С. 496.

Logachev I.N., Popov E.N.

PROBABILITY AND STATISTICAL APPROACH TO THE DESCRIPTION OF AERODYNAMIC INTERACTION OF COLLECTIVE OF INCIDENT PARTICLES WITH AIR

In the mountain industry a considerable part of technological processes are followed by loadings of bulk in various capacities and the bunker. When loading bunkers of silage type self-dumping carts the problem of knocking-out of dust from loading apertures is particularly acute especially. Work is devoted to improvement of methods of calculation of aspiration when loadings bunkers of silage type by polydisperse material. New statistical approach to the accounting of conditions of constraint on coefficient of front resistance of particles in the conditions of a free stream of the falling material is offered. When falling a free stream of material of a particle of larger fractions shade small and dust particles which aerodynamic resistance in such conditions isn't considerable. Analytical conclusion of probability of active impact on air of the particles which are out of an aerodynamic shadow that allows to receive a technique of assessment of ezhektiruyushchy ability of a stream of particles at dust removal of bunkers of silage type has been offered. At further development of this approach a conclusion of probability of aerodynamic interaction of particles of polydisperse material is possible. The accounting of dispersion of the overloaded material will allow to calculate optimum amount of aspiration air and to reduce energy consumption of systems of aspiration.

Key words: aspiration of bunkers, loading of bunkers, unequigranular material, ejection of air, loudspeaker of particles, aerodynamics, dedusting ventilation.

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

Попов Евгений Николаевич, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: evg-popov@yandex.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/22067

Трофимченко В.Н., аспирант,
Воронов В.П., канд. физ. мат. наук, проф.,
Мордовская О.С., канд. техн. наук, доц.,
Ханин С.И. канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ СКОРОСТИ СХОДА ЧАСТИЦЫ С ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ДИСКА СЕПАРАТОРА

trofimchenko@inbox.ru

При получении порошкообразных материалов в сепараторах преимущественно применяют устройства для равномерного распределения частиц материала в зоне сепарации. Характеристики частиц в момент схода с распределительного устройства во многом определяют процессы, протекающие в сепарационной камере. В статье приведены аналитические выражения для определения скорости схода частицы с вращающегося диска, её радиальной и тангенциальной компонент. Для мергелевой частицы описаны изменения скорости схода и её компонент при увеличении диаметра частицы.

Ключевые слова: распределительный диск, скорость схода частицы, радиальная и тангенциальная компоненты скорости.

В центробежных динамических сепараторах подача материала в зону сепарации осуществляется распределительным устройством. Таким устройством часто является вращающийся распределительный диск [1–5]. Частицы материала, попадая на диск, начинают перемещаться по его поверхности. Так как они имеют различные размеры, то скорость их движения также различна. В этой связи частицы, попадая при сходе с диска в газовую среду сепарационной зоны, движутся по различным траекториям и с различными скоростями [6, 7, 8]. Поэтому расчет скорости схода частицы с диска сепаратора является важной характеристикой для определения рациональных параметров движения газовой среды и внутрисепараторных устройств. Скорость схода частиц может регулироваться варьированием угловой скорости вращения распределительного диска, позволяя при этом изменять эффективность процесса сепарации. Расчету скорости схода частиц движущихся по распределительному диску посвящено достаточно много работ, однако в предлагаемых описаниях имеются определенные недостатки. К примеру, в работах [9, 10] обязательным условием для определения скорости частицы является необходимость в определении времени её нахождения на поверхности вращающегося устройства экспериментальным способом. В связи с этим разработана методики расчета для нахождения скорости схода

частицы с вращающегося распределительного диска является актуальной.

Для расчета величины скорости схода частицы материала с распределительного диска введем цилиндрическую систему координат (r, χ, z) согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 1. Движение частицы материала по поверхности распределительного диска рассмотрим в рамках детерминированной модели:

$$m\vec{a} = \sum_{i=1}^4 \vec{F}_i, \quad (1)$$

где в качестве действующих на частицу сил рассматриваются:

$\vec{F}_1$ – центробежная сила; $\vec{F}_2$ – сила Кориолиса; $\vec{F}_3$ – аэродинамическая сила сопротивления; $\vec{F}_4$ – сила трения скольжения вдоль поверхности распределительного диска.

Значения данных сил определяются следующими выражениями:

$$\vec{F}_1 = m\omega^2 r \vec{e}_r, \quad (2)$$

где ω – частота вращения диска; r – расстояние от оси вращения диска до частицы; $\vec{e}_r$ – единичный орт

$$\vec{F}_2 = 2m[\vec{\omega} \vec{v}], \quad (3)$$

где $\vec{v}$ – вектор скорости движения частицы;

$$\vec{F}_3 = -3\pi\mu d \vec{v}, \quad (4)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости воздушной среды; d – диаметр частицы.

Вектор силы $\vec{F}_4$ согласно работы определим в следующем виде:

$$\vec{F}_4 = -fmg \vec{v}/|\vec{v}|, \quad (5)$$

где $|\vec{v}|$ – модуль скорости частицы материала; f – коэффициент трения частицы о поверхность диска

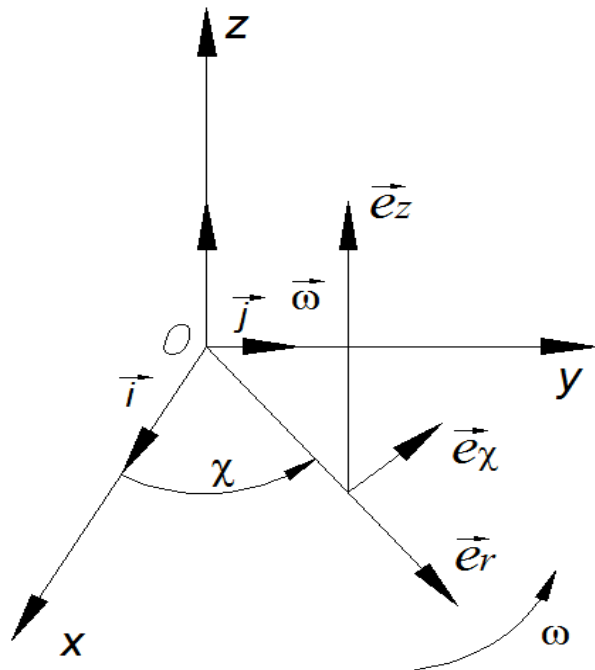


Рис. 1. Схема для расчета скорости схода частицы с вращающегося диска

Для выражений (2), (3), (5) масса частицы m определяется следующим соотношением:

$$m = \frac{\pi d^3}{6} \rho, \quad (6)$$

где ρ – плотность частицы материала.

Если учесть, что векторы скорости $\vec{v}$ и ускорения $\vec{a}$ применительно к цилиндрической системе координат, изображенной на рисунке 1, имеют вид:

$$\vec{a} = a_r \vec{e}_r + a_\chi \vec{e}_\chi, \quad (7)$$

$$\vec{v} = v_r \vec{e}_r + v_\chi \vec{e}_\chi, \quad (8)$$

здесь компоненты вектора $\vec{\omega}$ равны:

$$\vec{\omega} = \{0, 0, \omega\}, \quad (9)$$

тогда компоненты вектора силы Кориолиса можно найти исходя из векторного произведения:

$$\vec{F}_2 = 2m \begin{vmatrix} \vec{e}_r & \vec{e}_\chi & \vec{e}_z \\ 0 & 0 & \omega \\ v_r & v_\chi & 0 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Согласно выражения (10) находим, что

$$\vec{F}_2 = -2m\omega v_\chi \vec{e}_r + 2m\omega v_r \vec{e}_\chi. \quad (11)$$

На основании выражений (7), (8), (11) проекция векторного произведения (1) на радиальное направление орта $\vec{e}_r$ дает следующий результат:

$$ma_r = m\omega^2 r - 2m\omega v_\chi - 3\pi\mu d v_r - fmg v_r/|\vec{v}|, \quad (12)$$

а проекция векторного произведения (1) на тангенциальное направление (орт $\vec{e}_\chi$) дает следующий результат:

$$ma_\chi = 2m\omega v_r - 3\pi\mu d v_\chi - fmg v_\chi/|\vec{v}|. \quad (13)$$

Связь между декартовыми координатами (x, y) и координатами (r, χ) задается на основании расчетной схемы, приведенной на рисунке 1, следующим соотношением:

$$\begin{cases} x = r \cos \chi \\ y = r \sin \chi \end{cases} \quad (14)$$

Для определения радиальной v_r и тангенциальной v_χ компонент вектора скорости воспользуемся следующим очевидным соотношением

$$v_\chi \vec{i} + v_y \vec{j} = v_r \vec{e}_r + v_\chi \vec{e}_\chi \quad (15)$$

где

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(r \cos \chi) = \frac{dr}{dt} \cos \chi - r \sin \chi \frac{d\chi}{dt}, \quad (16)$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(r \sin \chi) = \frac{dr}{dt} \sin \chi + r \cos \chi \frac{d\chi}{dt}. \quad (17)$$

На основании выражения (15) с учетом (16) и (17) находим:

$$v_r = v_x(\vec{i}\vec{e}_r) + v_y(\vec{j}\vec{e}_r) = \frac{dr}{dt} \cos^2 \chi - r \sin \chi \cos \chi \frac{d\chi}{dt} + \frac{dr}{dt} \sin^2 \chi + r \sin \chi \cos \chi \frac{d\chi}{dt} = \frac{dr}{dt}, \quad (18)$$

$$v_\chi = v_x(\vec{i}\vec{e}_\chi) + v_y(\vec{j}\vec{e}_\chi) = -\frac{dr}{dt} \cos \chi \sin \chi + r \sin^2 \chi \frac{d\chi}{dt} + \frac{dr}{dt} \cos \chi \sin \chi + r \cos^2 \chi \frac{d\chi}{dt} = r \frac{d\chi}{dt}. \quad (19)$$

Для определения радиальной a_r и тангенциальной a_χ компонент вектора ускорения воспользуемся соотношением вида:

$$a_r \vec{e}_r + a_\chi \vec{e}_\chi = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j}, \quad (20)$$

здесь

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dr}{dt} \cos \chi - r \sin \chi \frac{d\chi}{dt} \right) = \frac{d^2 r}{dt^2} \cos \chi - 2 \sin \chi \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} - r \cos \chi \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 - r \sin \chi \frac{d^2 \chi}{dt^2}, \quad (21)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dr}{dt} \sin \chi + r \cos \chi \frac{d\chi}{dt} \right) = \frac{d^2 r}{dt^2} \sin \chi + 2 \cos \chi \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} - r \sin \chi \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 - r \cos \chi \frac{d^2 \chi}{dt^2}. \quad (22)$$

Согласно (20) с учетом (21) и (22) находим:

$$a_r = \frac{dv_x}{dt} (\vec{i} \vec{e}_r) + \frac{dv_y}{dt} (\vec{j} \vec{e}_r) = \frac{d^2 r}{dt^2} \cos^2 \chi - 2 \sin \chi \cos \chi \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} - r \cos^2 \chi \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 - r \sin \chi \cos \chi \frac{d^2 \chi}{dt^2} + \\ + \frac{d^2 r}{dt^2} \sin^2 \chi + 2 \sin \chi \cos \chi \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} - r \sin^2 \chi \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 + r \cos \chi \sin \chi \frac{d^2 \chi}{dt^2} = \frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2, \quad (23)$$

$$a_\chi = \frac{dv_x}{dt} (\vec{i} \vec{e}_\chi) + \frac{dv_y}{dt} (\vec{j} \vec{e}_\chi) = -\frac{d^2 r}{dt^2} \sin \chi \cos \chi + 2 \sin^2 \chi \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} + r \sin \chi \cos \chi \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 + r \sin^2 \chi \frac{d^2 \chi}{dt^2} + \\ + \frac{d^2 r}{dt^2} \sin \chi \cos \chi + 2 \cos^2 \chi \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} - r \sin \chi \cos \chi \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 + r \cos^2 \chi \frac{d^2 \chi}{dt^2} = r \frac{d^2 \chi}{dt^2} + 2 \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt}. \quad (24)$$

Запишем величину модуля скорости через v_r и v_χ :

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_r^2 + v_\chi^2}. \quad (25)$$

$$|\vec{v}| = \sqrt{\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + r^2 \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2}. \quad (26)$$

Подстановка (18) и (19) в (25) приводит к соотношению:

На основании (23), (18), (19), (26) и с учетом (6) выражение (11) принимает вид:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2 = \omega^2 r - 2\omega r \frac{d\chi}{dt} - \frac{18\mu r}{\rho d^2} \frac{dr}{dt} - \frac{f g \frac{dr}{dt}}{\sqrt{\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + r^2 \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2}}. \quad (27)$$

В свою очередь, на основании (24), (18), (19), (26) и с учетом (6) выражение (13) принимает вид:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} - 2 \frac{d\chi}{dt} \frac{dr}{dt} = 2\omega r \frac{dr}{dt} - \frac{18\mu r}{\rho d^2} \frac{d\chi}{dt} - \frac{f g r \frac{d\chi}{dt}}{\sqrt{\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + r^2 \left(\frac{d\chi}{dt} \right)^2}}. \quad (28)$$

С математической точки зрения, полученные соотношения (27) и (28) представляют собой систему дифференциальных уравнений. В силу ее нелинейного характера решение данной системы можно найти только численными методами с использованием компьютерных программ, например программного продукта «Maple». Для нахождения решений системы дифференциальных уравнений (27) и (28) численным методом необходимо в последних перейти к безразмерным переменным согласно соотношениям:

$$r = r_0 \xi(\tau), \quad (29)$$

$$t = \tau / \omega, \quad (30)$$

здесь $\xi(\tau)$ и τ соответственно безразмерная координата вдоль радиально направления, которая, в свою очередь, зависит от безразмерного параметра τ .

Подстановка (30) и (29) в (27) и (28) позволяет получить соответственно следующие соотношения:

$$\frac{d^2 \xi}{d\tau^2} = \xi \left(1 - 2 \frac{d\chi}{d\tau} + \frac{d^2 \chi}{d\tau^2} \right) - \alpha \left(\xi, \frac{d\xi}{d\tau}, \frac{d\chi}{d\tau} \right) \frac{d\xi}{d\tau}, \quad (31)$$

$$\frac{d^2\chi}{d\tau^2} = \frac{2}{\xi} \left(1 - 2 \frac{d\chi}{d\tau} \right) \frac{d\xi}{d\tau} - \alpha \left(\xi, \frac{d\xi}{d\tau}, \frac{d\chi}{d\tau} \right) \frac{d\chi}{d\tau}, \quad (32)$$

где введено следующее обозначение:

$$\alpha \left(\xi, \frac{d\xi}{d\tau}, \frac{d\chi}{d\tau} \right) = \frac{18\mu}{\rho d^2 \omega} + \frac{f g}{\omega^2 r_0 \sqrt{\left(\frac{d\xi}{d\tau} \right)^2 + \xi^2 \left(\frac{d\chi}{d\tau} \right)^2}}. \quad (33)$$

Дифференциальные уравнения (27) и (28) без ограничения общности должны удовлетворять следующим граничным условиям:

$$r(t=0) = r_0; \chi(t=0) = 0; \frac{dr}{dt}(t=0) = v_0; \frac{d\chi}{dt}(t=0) = 0. \quad (34)$$

Для дифференциальных уравнений (31) и (32) начальные условия (34) преобразуются к следующему виду:

$$\xi(\tau=0) = 1; \chi(\tau=0) = 0; \frac{d\xi}{d\tau}(\tau=0) = v_0/\omega r_0; \frac{d\chi}{d\tau}(\tau=0) = 0. \quad (35)$$

Численное интегрирование уравнений (31) и (32), удовлетворяющих граничным условиям (35), проводилось в программной среде «Maple». Результаты расчетов численного интегрирования для радиуса диска 0,825 м и параметрах: $\mu = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$; $f = 0,3$; $\omega = 4 \text{ с}^{-1}$, представлены в таблице 1.

На основании выражений (18) и (19), учитывая (31), (32), (34), (35) результатам численного интегрирования для частиц мергеля диамет-

ром $d=80 \text{ мкм}$ найдены следующие значения скоростей:

$$v_r = \omega_1 r_0 \frac{d\xi}{d\tau} \cong 0,96 \text{ м/с},$$

$$v_\chi = \omega_1 r_0 \frac{d\chi}{d\tau} \cong 0,30 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Результаты расчетов скоростей для частиц размером 200 мкм, 315 мкм, 630 мкм представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения радиальной и тангенциальной и результирующей скорости для различных размеров частиц при сходе с вращающегося диска

Размер, d	80 мкм	200 мкм	315 мкм	630 мкм
v_r , м/с	0,96	2,01	1,99	1,77
v_χ , м/с	0,30	2,28	3,33	4,23
$ \vec{v} $, м/с	1,01	3,04	3,88	4,59

Графические зависимости скорости схода частицы и ее компонент свидетельствуют о нелинейном характере их изменений (смотри рисунок). Возрастание размеров частицы приводит к увеличению скорости её схода v и тангенциальной компоненты этой скорости v_χ . Так, если частица размером $d = 80 \text{ мкм}$ имеет скорость схода $v = 1,01 \text{ м/с}$, то при тех же начальных условиях увеличение её размера до $d = 630 \text{ мкм}$ приводит к росту скорости схода до $v = 4,59 \text{ м/с}$. Тангенциальная с компонента v_χ для рассматриваемых размеров частицы имеет значения соответственно $v_\chi = 0,3 \text{ м/с}$ и $v_\chi = 4,23 \text{ м/с}$. Характер изменения радиальной компоненты v_r при уве-

личении размеров частицы имеет существенные отличия от характера изменения v и v_χ . При увеличении размеров частицы от $d = 80 \text{ мкм}$ до близких к $d = 200 \text{ мкм}$ наблюдается рост v_r , хотя и менее интенсивный, чем для v и v_χ . Дальнейшее увеличение размера частицы приводит к незначительному снижению радиальной компоненты скорости и при $d = 630 \text{ мкм}$ ее величина имеет значение $v_r = 1,77 \text{ м/с}$.

Таким образом, полученные выражения позволяют рассчитать значения скоростей схода частиц с вращающегося распределительного диска, их компонент, в зависимости от угловой скорости его вращения и размера частицы.

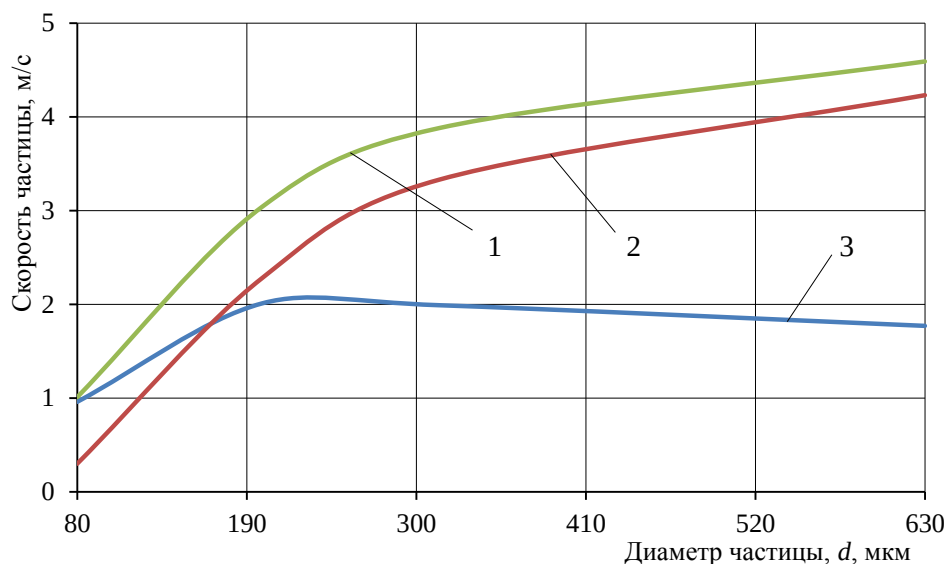


Рис. 2. Изменения скорости схода частицы с распределительного диска сепаратора и ее составляющих, в зависимости от диаметра частицы: 1- $|\vec{v}|$, 2 - v_x , 3 - v_r

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимченко В.Н., Ханин С.И., Кирилов И.В. Анализ конструкций распределительных устройств динамических сепараторов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Вып. XII. / под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2013. С.415–417
2. Богданов В.С. и др. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 650 с.
3. Трофимченко В.Н., Воронов В.П., Мордовская О.С., Ханин С.И. К вопросу определения скорости движения частицы по вращающейся поверхности конуса: Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №8. С. 117 – 121.
4. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. Издательство литературы по строительству. Москва 1972. 239 с.
5. Барский М.Д. Фракционирование порошков. – М.: Недра, 1980. – 327 с.
6. Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В. Н. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии. Томск; Изд-во Том.ун-та, 1990. 272 с.
7. Clark M. Separation efficiency. International Cement Review (ICR). – 2004. – September. – P.38
8. Андреев В.Л., Курбанов Р.Ф., Саитов В.Е., Шилин В.В. Оптимизация эксплуатационных параметров конструктивных элементов пневмосистем с кольцевым аспирационным каналом // Современные наукоемкие технологии. – 2015. № 8 С. 7–12
9. Бойко И.Г., Попов О.А. Исследование движения частицы сыпучего корма по поверхности подающего конуса ротационного дозатора // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій в тваринництві: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - Харків ХНТУСГ, 2010. Вип. 95. С. 72–77.
10. Семенцов В.И. Методика и результаты исследований скорости схода частицы с диска центробежного смесителя / В.И. Семенцов, И.Г. Бойко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. X., 2015. Вип. 157. С. 52–56.

Trofimchenko V.N., Voronov V.P., Mordovskaya O.S., Khanin S.I.

CALCULATION OF THE SPEED OF PARTICLE IS EXITING FROM SURFACE OF ROTATING DISK

Upon receipt of powdery material mainly used separators. Separators have device for uniform distribution of particulate material in the separation zone. The characteristics of the particles at the time of exit from the switchgear is largely determined by the processes occurring in the separation chamber. The article presents the analytical expressions for determining the rate of descent of the particles with a rotating disk, its radial and tangential components. For marl particles described changes descent rate and its components with increasing particle diameter.

Key words: distributing disc, descent velocity of the particle, radial and tangential velocity components.

Трофимченко Владимир Николаевич, аспирант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: trofimchenko@inbox.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: dh@intbel.ru

Мордовская Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: dh@intbel.ru

Ханин Сергей Иванович, кандидат технических наук, профессор.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: dh@intbel.ru

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Трофимов И.О., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ МАТЕРИАЛА В МЕЖДУРЯДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДЕЗИНТЕГРАТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ МЕЖДУРЯДНЫМ РАССТОЯНИЕМ

chentsov.1995@mail.ru

В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить радиальный размер области междурядного пространства дезинтегратора с периодически изменяющимся расстоянием, в котором возможно разрушение частиц материала под действием возникающего напряжения. Представлена расчетная схема для определения радиального размера рассматриваемой области камеры помола.

Ключевые слова: дезинтегратор, междурядное пространство, частица.

Дезинтеграторы являются наиболее эффективным оборудованием для помола малоабразивных материалов [1].

Математическое описание процесса движения частицы материала в междурядном пространстве дезинтегратора [2] с переменным междурядным расстоянием S , которое периодически изменяется от значения $S_{\min}$ до $S_{\max}$ будем описывать следующим уравнением:

$$F = m \frac{d\vartheta}{dt}, \quad (1)$$

где m – масса частицы материала; ϑ – скорость движения частицы материала в междурядном пространстве; F – сила, действующая на частицу материала; t – текущее время.

В междурядном пространстве из-за неравенства скоростей движения возникают касательные σ напряжения, действующие на частицу материала, которые с силой F связаны соотношением:

$$F = \sigma A, \quad (2)$$

здесь A – площадь поперечного сечения частицы, в случае её сферической формы:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3)$$

где d – диаметр частицы материала.

Согласно результату работы [3] величина касательных напряжений в междурядном пространстве определяется следующим соотношением:

$$\sigma = \frac{\mu \vartheta}{S}, \quad (4)$$

где μ – коэффициент псевдовязкого измельчения потока, величина которого согласно работы [3] равна 2618 Па·с; S – величина междурядного

расстояния; ϑ – скорость движения частицы в междурядном потоке.

В силу периодического изменения междурядного расстояния можно записать следующее соотношение:

$$S = S_0 \cdot \cos(vt), \quad (5)$$

здесь S_0 – амплитуда изменения междурядного расстояния; v – частота изменения междурядного расстояния.

Значения параметров S_0 и v можно найти, если задаться следующими начальными условиями (см. рис. 1) при $t = 0$,

$$S = S_{\max}; \quad (6)$$

при $t = \frac{\pi}{2\omega}$,

$$S = S_{\min}, \quad (7)$$

где ω – частота вращения роторов дезинтегратора.

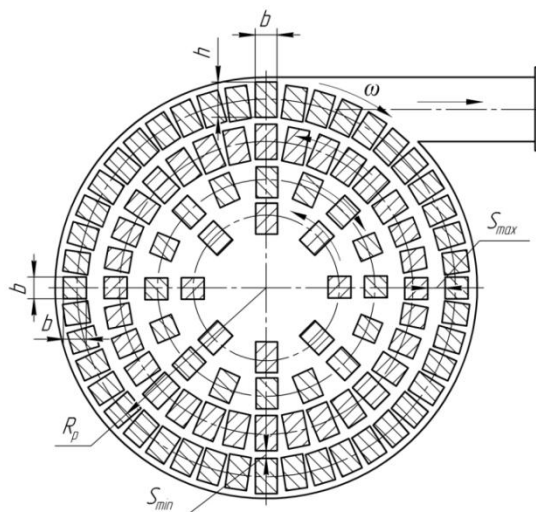


Рис. 1. Схема камеры помола дезинтегратора с переменным междурядным расстоянием

На основании соотношений (6) и (7) находим:

$$S_0 = S_{\max}; \quad (8)$$

$$\cos\left(\frac{S_{\min}}{S_{\max}}\right). \quad (9)$$

Подстановка (8) и (9) в (5) позволяет получить следующий результат:

$$S = S_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\omega t}{\pi} \cdot \alpha\right), \quad (10)$$

где введено следующее обозначение:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{S_{\min}}{S_{\max}}\right). \quad (11)$$

В случае сферической формы частицы массу последней представим в следующем виде:

$$m = \rho \frac{\pi d^3}{6}, \quad (12)$$

здесь ρ – плотность частицы материала.

Подстановка (2) и (12) в (1) с учетом (3) и (4) позволяет получить следующее уравнение:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\mu \vartheta}{\rho s d}. \quad (13)$$

Запишем соотношение, связывающее частоту вращения ротора дезинтегратора с углом поворота φ и временем t :

$$\begin{aligned} \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\varphi}{\cos\left(\frac{2\alpha}{\pi} \varphi\right)} &= \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\varphi}{\sin\left(\frac{\pi - 2\alpha}{2} \varphi\right)} = \left[\begin{array}{l} x = \frac{2\alpha}{\pi} \cdot \varphi \\ d\varphi = \frac{\pi}{2\alpha} dx \end{array} \right] = \frac{\pi}{2\alpha} \int_0^{\alpha/2} \frac{dx}{\sin\left(\frac{\pi}{2} x\right)} = \frac{\pi}{2\alpha} \int_0^{\alpha/2} \frac{dx}{2 \sin\left(\frac{\pi}{4} \frac{x}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi}{4} \frac{x}{2}\right)} = \\ &= \frac{\pi}{2\alpha} \int_0^{\alpha/2} \frac{d\left(\frac{\pi}{4} \frac{x}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\pi}{4} \frac{x}{2}\right)} = -\frac{\pi}{2\alpha} \ln \left| \sin\left(\frac{\pi}{4} \frac{x}{2}\right) \right| = -\frac{\pi}{2\alpha} \ln \left| \sin\left(\frac{\pi - \alpha}{4}\right) \right|. \end{aligned} \quad (19)$$

Подстановка (19) в (18) позволяет получить следующее соотношение:

$$\ln \frac{\vartheta_k}{\vartheta_0} = -\gamma_1 \cdot \ln \left| \sin\left(\frac{\pi - \alpha}{4}\right) \right|, \quad (20)$$

где введено следующее обозначение:

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2\alpha} \cdot \gamma. \quad (21)$$

Применив операцию потенцирования к соотношению (20) находим, что:

$$\vartheta_k = \frac{\vartheta_0}{\sin^{\gamma_1}\left(\frac{\pi - \alpha}{4}\right)}. \quad (22)$$

Разрушение частицы материала в области с переменным междурядным расстоянием (10) будет осуществляться в случае выполнения следующего неравенства [4]:

$$\Delta E \geq \frac{\pi \epsilon_p^2 d^3}{12E}, \quad (23)$$

где E – модуль Юнга для материала измельчаемой частицы; ϵ_p – значение растягивающего

$$\varphi = \omega t. \quad (14)$$

На основании (14) с учетом (10) уравнение (13) принимает следующий вид:

$$\omega \frac{d\vartheta}{d\varphi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\mu \vartheta}{\rho d \cdot S_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\alpha}{\pi} \varphi\right)}. \quad (15)$$

С математической точки зрения уравнение (15) представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными.

Разделение переменных в (15) приводит к следующему результату:

$$\frac{d\vartheta}{\vartheta} = \gamma \cdot \frac{d\varphi}{\cos\left(\frac{2\alpha}{\pi} \varphi\right)}, \quad (16)$$

где введем следующее обозначение:

$$\gamma = \frac{3\mu}{2\omega S_{\max} \rho d}. \quad (17)$$

Интегрирование уравнения (16) в определенных пределах позволяет получить следующее соотношение:

$$\int_{\vartheta_0}^{\vartheta_k} \frac{d\vartheta}{\vartheta} = \gamma \int_0^{\pi/4} \frac{d\varphi}{\cos\left(\frac{2\alpha}{\pi} \varphi\right)}, \quad (18)$$

где ϑ_0 и ϑ_k – начальное и конечное значение скорости в области переменного сечения.

Вычислим:

напряжения, которое приводит к разрушению частицы материала; ΔE – изменение кинетической энергии частицы материала при движении последней в области междурядного пространства дезинтегратора с переменным расстоянием. Величина данного изменения равна:

$$\Delta E = \frac{m}{2} (\vartheta_k^2 - \vartheta_0^2). \quad (24)$$

Подстановка (24) в (23) с учетом (12) и (21) позволяет получить следующий результат:

$$\vartheta_0^2 \geq \frac{6\epsilon_p^2 \cdot \pi \gamma_1^2 \sin^2\left(\frac{\pi - \alpha}{4}\right)}{E \cdot \rho [1 - \sin^2\left(\frac{\pi - \alpha}{4}\right)]}. \quad (25)$$

Если предположить, что в междурядном пространстве значение скорости частицы материала ϑ_0 совпадает со значением окружной скорости потока, тогда:

$$\vartheta_0 = \omega \cdot R_p, \quad (26)$$

где R_p – расстояние от оси вращения роторов до рассматриваемого ряда ударных элементов.

На основании (26) получаем следующий результат:

$$R_p \geq \frac{\vartheta_p}{\omega}, \quad (27)$$

где величина ϑ_p определяется соотношением:

$$\vartheta_p = \frac{\epsilon_p \cdot t g^{\gamma_1}((\pi - \alpha)/4)}{\sqrt{E \rho (1 - t g^{2\gamma_1}((\pi - \alpha)/4))}}. \quad (28)$$

Таким образом, полученные соотношения (27) и (28) определяют радиальный размер области междурядного пространства дезинтегратора с переменным расстоянием (10), в которой возможно разрушение частиц материала под действием возникающего напряжения (4). На рис. 2 представлена зависимость радиального размера переменной области от отношения минимального междурядного расстояния к максимальному.

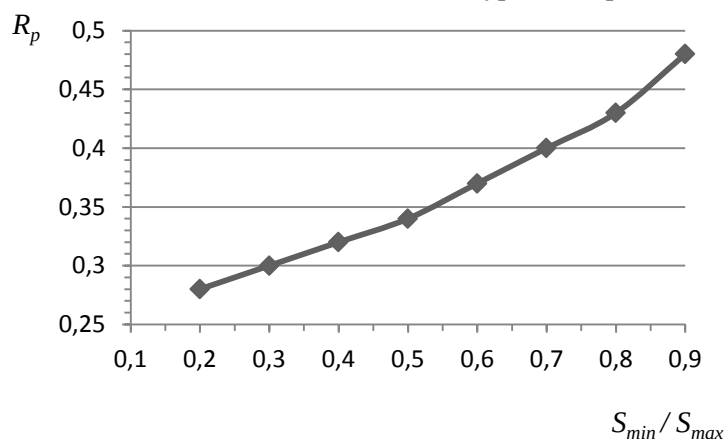


Рис. 2. Графическая зависимость R_p от $\frac{S_{min}}{S_{max}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикацитных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Богданов В.С., Семикопенко И.А., Масловская А.Н., Александрова Е.Б. Дезинтегратор с повышенными нагрузками на измельчаемый материал. Строительные и дорожные машины. 2009. №5. С. 51–54.

3. Данилов Р.Г. Гипотеза механизма тонкого измельчения в роторных мельницах с зубчатоподобным зацеплением// Промышленность стройматериалов и стройиндустрия. Энерго - и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений: Сб. докл. Междунар. конф. Ч.4. Белгород, 1997 . С. 164–168.
4. Кухлинг Х. Справочник по физике. М., Мир, 1985. 196 с.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Trofimov I.O.

A MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE MOTION OF PARTICLES MATERIAL IN SPACE INTERCROPPING DISINTEGRATOR WITH VARIABLE ROW SPACING

In this paper, an analytical expression that indicates the radial size of the inter-row space disintegrator with a periodically varying length, which can be destroyed by the action of the particles of the material occurring voltage. It presents the design scheme for determining the radial dimension of the area under consideration grinding chamber.

Key words: disintegrator, intercropping space particle.

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования

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

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

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования

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

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

Трофимов Илья Олегович, магистрант кафедры механического оборудования

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

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

E-mail: chentsov.1995@mail.ru

DOI: 10.12737/22073

Остановский А.А., канд. техн. наук, доц.,
Дровников А.Н., д-р техн. наук, проф.,
Осипенко Л.А., канд. техн. наук, доц.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Донского государственного технического университета

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО НЕСООТВЕТСТВИЯ ВЕТВЕЙ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В МЕЛЬНИЦАХ СИСТЕМЫ «МКАД»

Ostanovskiy51@mail.ru

Приводятся результаты экспериментальных исследования зависимости производительности мельницы системы «МКАД», имеющей механизм замкнутого контура, от величины его кинематического несоответствия ветвей. Построены графики этой зависимости. Дается описание особенностей физической картины протекающего процесса

Ключевые слова: теория разрушения, энергоэффективность, энергозатраты, производительность, кинематическое несоответствие, мельница, циркулирующая мощность.

В перспективе при преодолении мирового финансового кризиса перед многими отраслями народного хозяйства быстроразвивающихся стран, в том числе РФ и страны СНГ, выдвинется задача по переработке и измельчению большого объема минерального сырья. В этой связи необходимо подготовить техническую базу, позволяющую создавать на её основе эффективное измельчительное оборудование. Достижение поставленной цели в современных рыночных условиях возможно только на поиске и реализации технических решений, позволяющих с минимальными издержками решить эту задачу [1].

В нашей стране за последние 25–30 лет достигнуты значительные результаты в области создания эффективного дробильно-измельчительных оборудования, позволяющего значительно поднять его технический уровень, повысить производительность и снизить их энергоёмкость измельчения и дробления.

Одним из перспективных направлений в создании таких машин являются мельницы динамического самоизмельчения системы «МАЯ», в которых используется способ самоизмельчения материала [2–4]. Это направление дает существенные преимущества в сравнении с другими типами измельчительного оборудования.

Ниже приведены основные достоинства этих мельниц:

- совмещение в одном аппарате операции мелкого дробления и измельчения (крупность исходного материала для конструкции промышленного применения с диаметром чашеобразного ротора 1000 мм составляет 80 мм);
- высокая удельная производительность (более 1 т/(м³·ч));

- низкий удельный расход электроэнергии (менее 6,7 кВт·ч/т);

- низкий удельный расход металла (менее 100 г/т);

- низкий уровень шума (для конструкции промышленного применения с диаметром чашеобразного ротора 1000 мм менее 65 дБ на расстоянии 1,5 м);

- низкая металлоемкость (1 (масса металла)·ч/(массу готового продукта) для конструкции промышленного применения с диаметром чашеобразного ротора 1000 мм);

- отсутствие измельчающих тел и устройства специальных фундаментов под монтаж этого оборудования;

- исключение из технологической цепочки транспортных машин и регулировочных устройств, связывающих их с измельчительными машинами;

- возможность исключения из технологической схемы производства ряда агрегатов за счет совмещения среднего дробления и измельчения в одной мельнице [5–7].

Однако и мельницы этой системы, по мнению авторов, по своим техническим показателям, несмотря на свои преимущества с существующими типами мельниц (барабанными, шаровыми и стержневыми) достигли, в первую очередь по энергозатратам, своего предела и не могут в полной мере рассматриваться, как основа для переоснащения предприятий. С точки зрения возможности дальнейшего повышения снижения энергозатрат способ самоизмельчения, реализованный в мельницах системы «МАЯ», достиг своего предела, так как в его основе заложено принципиальное условие – разрушение кусков происходит в основном за счет кинетической энергии вращающегося ро-

тора, частота вращения которого не может превышать некоторого критического значения ($n_{\text{крит}} = 350 \div 480$ об/мин) [8].

Кроме того, в эффективном измельчительном оборудовании остро нуждается средний и малый бизнес, занимающийся переработкой различных минеральных материалов (мергеля, мела, комковой извести, гранита, графитосодержащих материалов и др.).

Одним из перспективных направлений, позволяющим повысить энергоэффективность

вертикальных мельниц динамического самоизмельчения, является созданные на основе разработанной классификации [9] мельницы динамического самоизмельчения, имеющие замкнутый контур [10-14].

На рис. 1 показан созданный на основе патентных исследований экспериментальный образец мельницы такого типа.



Рис. 1. Измельчитель динамического самоизмельчения с силовым замкнутым контуром

Преимуществом созданного измельчительного устройства является то, что в нём для разрушения кусков помимо кинетической энергии вращающегося ротора, используется мощность замкнутого контура, приводящая к целенаправленному формированию в вертикальных мельницах динамического самоизмельчения с замкнутым контуром так называемой «циркулирующей» мощности с целью полезного её использования для разрушения материалов [15]. Это достигается тем, что верхняя и нижняя ветвь замкнутого контура, по которым потоки мощности передаются от приводного двигателя к измельчаемому материалу, выполнены с их кинематическим несоответствием, т. е. передаточные отношения ветвей не равны между собой – $i_{\text{верх}} \neq i_{\text{нижн}}$.

А кинематическое несоответствие ветвей, характеризующее степень влияния циркулирующей мощности на производительность мельницы такой системы, определится из выражения

$$I_{\text{кн}} = \frac{i_{\text{верх}}}{i_{\text{нижн}}}, \quad (1)$$

где $i_{\text{верх}}$ – передаточное отношение привода верхней в ветви замкнутого контура;

$i_{\text{нижн}}$ – передаточное отношение привода в нижней ветви замкнутого контура.

Определение выходных показателей созданного измельчительного устройства на начальном этапе исследования потребовало исследование в

мельнице такого конструктивного исполнения влияние этого параметра на производительность и анализ протекающей при этом физической картины процесса.

Для установления этой зависимости была проведена серия экспериментов. При этом на экспериментальной установке для разных размеров выпускных отверстий, равных на основе разработанной матрицы планирования экспериментов соответственно 3,4; 5,0; 7,0; 9,0 и 10,4 мм, при исходной высоте столба материала над ротором $H_{\text{сл}}$, равной 260, 380 и 500 мм [16, 17].

Результаты эксперимента зависимости производительности и гранулометрического состава готового продукта (мергеля с исходной крупность кусков 40 мм) от кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты

столба материала над ротором при постоянном значении диаметра выпускных отверстий пред-

ставлены в табл. 1–5 и графические на рис. 1–5.

Таблица 1

Результаты экспериментального исследования влияния кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$ и высоты столба материала $H_{\text{сл}}$ на производительность по общему выходу классов готового продукта $G_{\text{вых}}$; при $d_{\text{вып}}=3,4$ мм

№п/п	Частоты вращения ротора и барабана об/мин	Кинематическое несоответствие ветвей замкнутого контура $I_{\text{кн}}=i_{\text{верх}}/i_{\text{нижн}}$	Высота столба материала в барабане над ротором $H_{\text{сл}}$, мм	Минутная производительность $G_{\text{вых}}$, кг/мин
1.1	768/196,4	0,22	260	3,56
1.2		0,22	380	3,98
1.3		0,22	500	3,67
1.1	691,2/196,4	0,29	260	2,93
1.2		0,29	380	3,50
1.3		0,29	500	3,21
1.1	614,4/196,4	0,32	260	2,54
1.2		0,32	380	3,19
1.3		0,32	500	3,01
1.1	768/292,4	0,38	260	2,39
1.2		0,38	380	2,71
1.3		0,38	500	2,42
1.1	691,2/292,4	0,42	260	2,16
1.2		0,42	380	2,63
1.3		0,42	500	2,67
1.1	614,4/292,4	0,48	260	1,84
1.2		0,48	380	2,37
1.3		0,48	500	1,98

Таблица 1

Результаты экспериментального исследования влияния кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$ и высоты столба материала $H_{\text{сл}}$ на производительность по общему выходу классов готового продукта $G_{\text{вых}}$; при $d_{\text{вып}}=3,4$ мм

№п/п	Частоты вращения ротора и барабана об/мин	Кинематическое несоответствие ветвей замкнутого контура $I_{\text{кн}}=i_{\text{верх}}/i_{\text{нижн}}$	Высота столба материала в барабане над ротором $H_{\text{сл}}$, мм	Минутная производительность $G_{\text{вых}}$, кг/мин
1.1	768/196,4	0,22	260	3,56
1.2		0,22	380	3,98
1.3		0,22	500	3,67
1.1	691,2/196,4	0,29	260	2,93
1.2		0,29	380	3,50
1.3		0,29	500	3,21
1.1	614,4/196,4	0,32	260	2,54
1.2		0,32	380	3,19
1.3		0,32	500	3,01
1.1	768/292,4	0,38	260	2,39
1.2		0,38	380	2,71
1.3		0,38	500	2,42
1.1	691,2/292,4	0,42	260	2,16
1.2		0,42	380	2,63
1.3		0,42	500	2,67
1.1	614,4/292,4	0,48	260	1,84
1.2		0,48	380	2,37
1.3		0,48	500	1,98

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования влияния кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$ и высоты столба материала $H_{\text{сл}}$ на производительность по общему выходу классов готового продукта $G_{\text{вых}}$; при $d_{\text{вып}}=5,0$ мм

№п/п	Частоты вращения ротора и барабана об/мин	Кинематическое несоответствие ветвей замкнутого контура $I_{\text{кн}}=i_{\text{верх}}/i_{\text{нижн}}$	Высота столба материала в барабане над ротором $H_{\text{сл}}$, мм	Минутная производительность $G_{\text{вых}}$, кг/мин
1.1	768/196,4	0,22	260	4,27
1.2		0,22	380	5,44
1.3		0,22	500	4,62
1.1	691,2/196,4	0,29	260	3,35
1.2		0,29	380	4,25
1.3		0,29	500	3,52
1.1	614,4/196,4	0,32	260	3,65
1.2		0,32	380	3,91
1.3		0,32	500	3,59
1.1	768/292,4	0,38	260	3,12
1.2		0,38	380	4,53
1.3		0,38	500	3,81
1.1	691,2/292,4	0,42	260	3,98
1.2		0,42	380	4,26
1.3		0,42	500	4,84
1.1	614,4/292,4	0,48	260	2,11
1.2		0,48	380	3,07
1.3		0,48	500	2,66

Таблица 3

Результаты экспериментального исследования влияния кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$ и высоты столба материала $H_{\text{сл}}$ на производительность по общему выходу классов готового продукта $G_{\text{вых}}$; при $d_{\text{вып}}=7,0$ мм

№п/п	Частоты вращения ротора и барабана об/мин	Кинематическое несоответствие ветвей замкнутого контура $I_{\text{кн}}=i_{\text{верх}}/i_{\text{нижн}}$	Высота столба материала в барабане над ротором $H_{\text{сл}}$, мм	Минутная производительность $G_{\text{вых}}$, кг/мин
1.1	768/196,4	0,22	260	4,72
1.2		0,22	380	9,96
1.3		0,22	500	6,32
1.1	691,2/196,4	0,29	260	4,11
1.2		0,29	380	7,88
1.3		0,29	500	7,18
1.1	614,4/196,4	0,32	260	5,94
1.2		0,32	380	6,94
1.3		0,32	500	6,90
1.1	768/292,4	0,38	260	4,03
1.2		0,38	380	6,87
1.3		0,38	500	6,53
1.1	691,2/292,4	0,42	260	3,31
1.2		0,42	380	6,19
1.3		0,42	500	6,28
1.1	614,4/292,4	0,48	260	3,01
1.2		0,48	380	5,98
1.3		0,48	500	5,19

Таблица 4

Результаты экспериментального исследования влияния кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$ и высоты столба материала $H_{\text{сл}}$ на производительность по общему выходу классов готового продукта $G_{\text{вых}}$; при $d_{\text{вып}}=9,0$ мм

№п/п	Частоты вращения ротора и барабана об/мин	Кинематическое несоответствие ветвей замкнутого контура $I_{\text{кн}}=i_{\text{верх}}/i_{\text{нижн}}$	Высота столба материала в барабане над ротором $H_{\text{сл}}$, мм	Минутная производительность $G_{\text{вых}}$, кг/мин
1.1	768/196,4	0,22	260	7,73
1.2		0,22	380	11,7
1.3		0,22	500	8,97
1.1	691,2/196,4	0,29	260	6,62
1.2		0,29	380	9,83
1.3		0,29	500	7,69
1.1	614,4/196,4	0,32	260	6,20
1.2		0,32	380	7,98
1.3		0,32	500	7,56
1.1	768/292,4	0,38	260	5,58
1.2		0,38	380	9,92
1.3		0,38	500	6,14
1.1	691,2/292,4	0,42	260	6,34
1.2		0,42	380	7,36
1.3		0,42	500	6,14
1.1	614,4/292,4	0,48	260	5,05
1.2		0,48	380	6,95
1.3		0,48	500	5,32

Таблица 5

Результаты экспериментального исследования влияния кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$ и высоты столба материала $H_{\text{сл}}$ на производительность по общему выходу классов готового продукта $G_{\text{вых}}$; при $d_{\text{вып}}=10,4$ мм

№п/п	Частоты вращения ротора и барабана об/мин	Кинематическое несоответствие ветвей замкнутого контура $I_{\text{кн}}=i_{\text{верх}}/i_{\text{нижн}}$	Высота столба материала в барабане над ротором $H_{\text{сл}}$, мм	Минутная производительность $G_{\text{вых}}$, кг/мин
1.1	768/196,4	0,22	260	10,4
1.2		0,22	380	14,6
1.3		0,22	500	12,5
1.1	691,2/196,4	0,29	260	9,09
1.2		0,29	380	12,2
1.3		0,29	500	10,3
1.1	614,4/196,4	0,32	260	8,35
1.2		0,32	380	11,4
1.3		0,32	500	9,78
1.1	768/292,4	0,38	260	7,67
1.2		0,38	380	10,8
1.3		0,38	500	9,85
1.1	691,2/292,4	0,42	260	6,51
1.2		0,42	380	9,12
1.3		0,42	500	8,13
1.1	614,4/292,4	0,48	260	6,08
1.2		0,48	380	7,96
1.3		0,48	500	7,12

Обработка полученных экспериментальных данных и построение графиков производилась с

помощью программы Advanced Crasher – [untitled 1. arg].

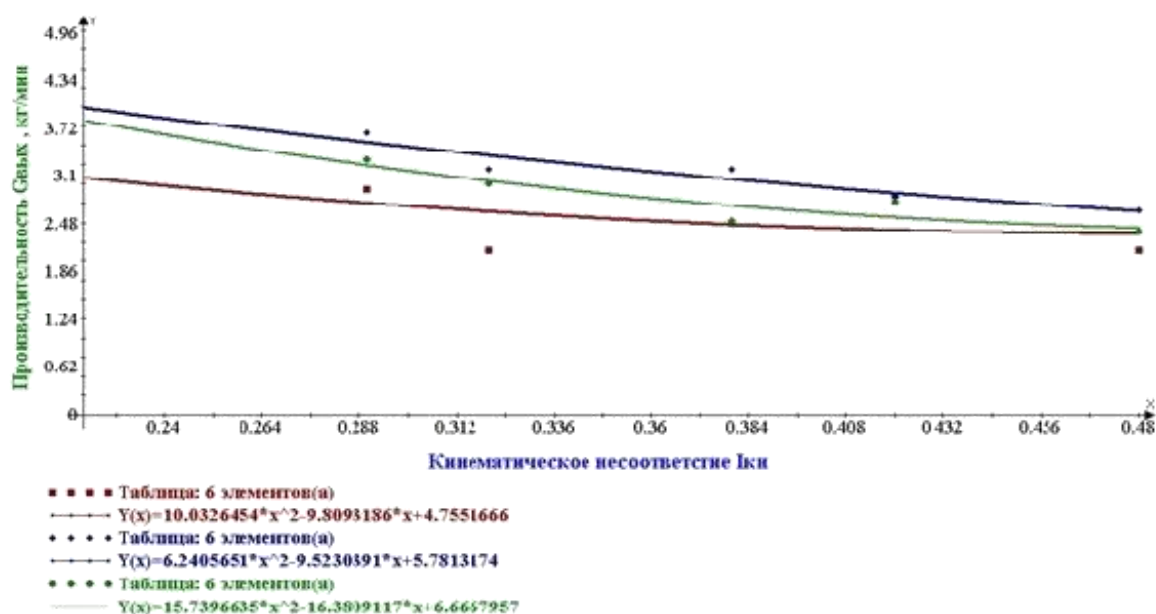


Рис. 1. Зависимость производительности по общему выходу фракций от кинематического несоответствия ветвей при $d_{\text{вып}} = 3,4$ мм:

■ – высота $H_{\text{сл}} = 260$ мм; ♦ – высота $H_{\text{сл}} = 380$ мм; ● – высота $H_{\text{сл}} = 500$ мм

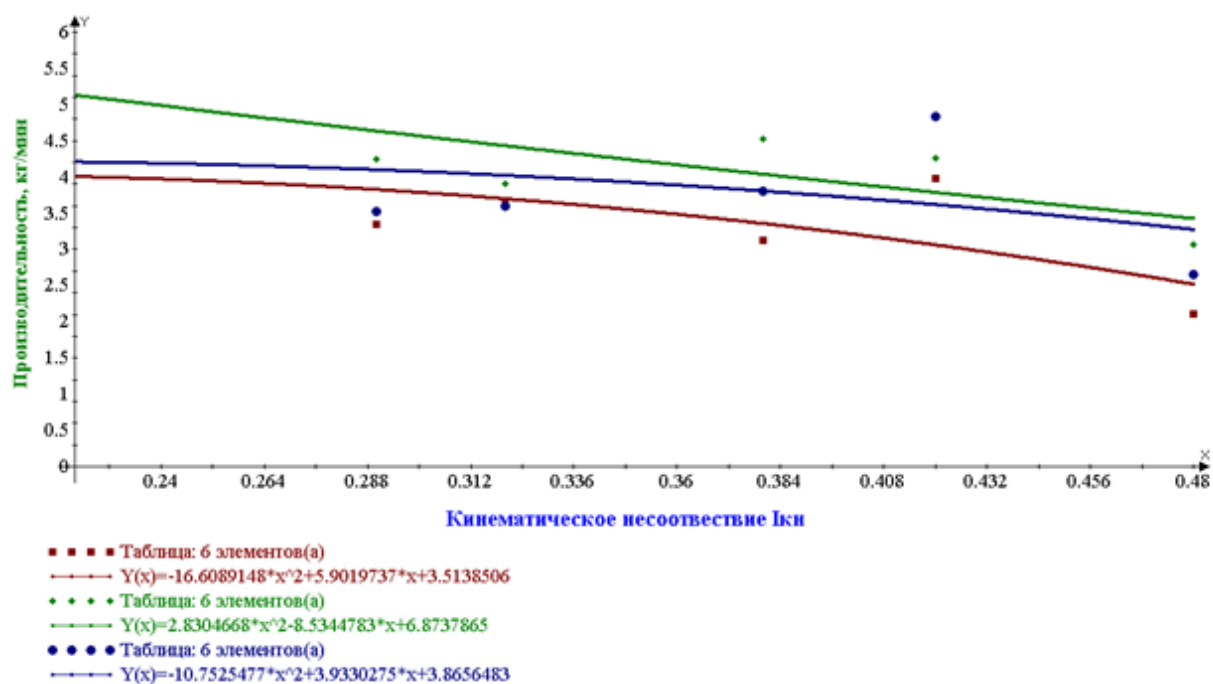


Рис. 2. Зависимость производительности по общему выходу фракций от кинематического несоответствия ветвей при $d_{\text{вып}} = 5,0$ мм:

■ – высота $H_{\text{сл}} = 260$ мм; ♦ – высота $H_{\text{сл}} = 380$ мм; ● – высота $H_{\text{сл}} = 500$ мм

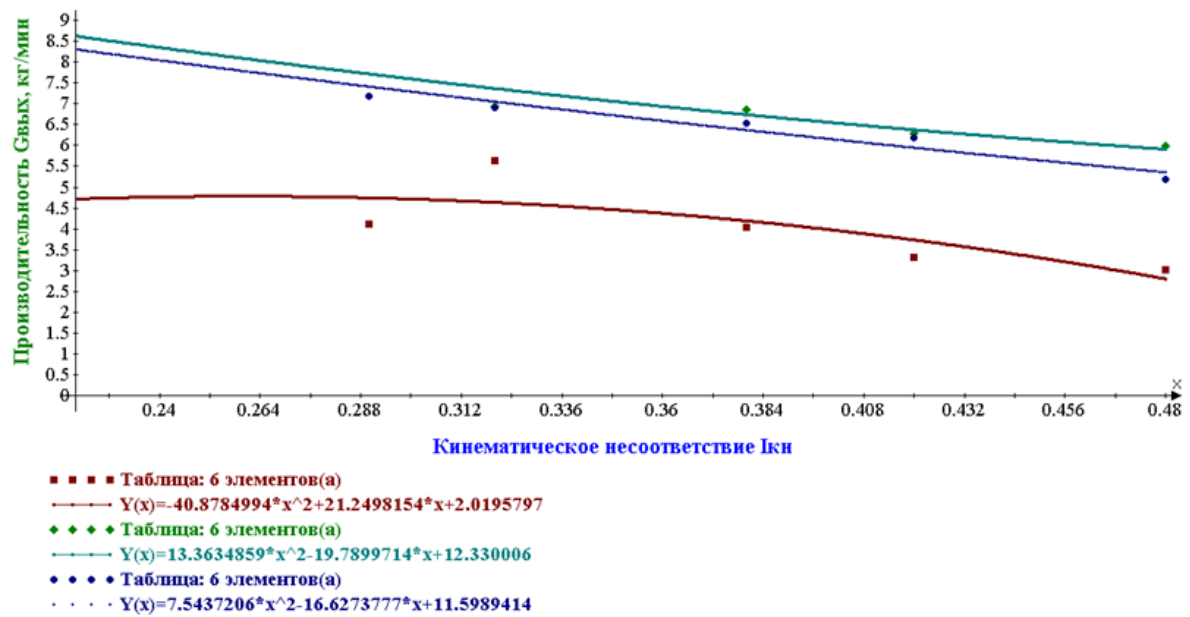


Рис. 3. Зависимость производительности по общему выходу фракций от кинематического несоответствия ветвей при $d_{вып} = 7,0$ мм:

■ – высота Нсл = 260 мм; ◆ – высота Нсл = 380 мм; ● – высота Нсл = 500 мм

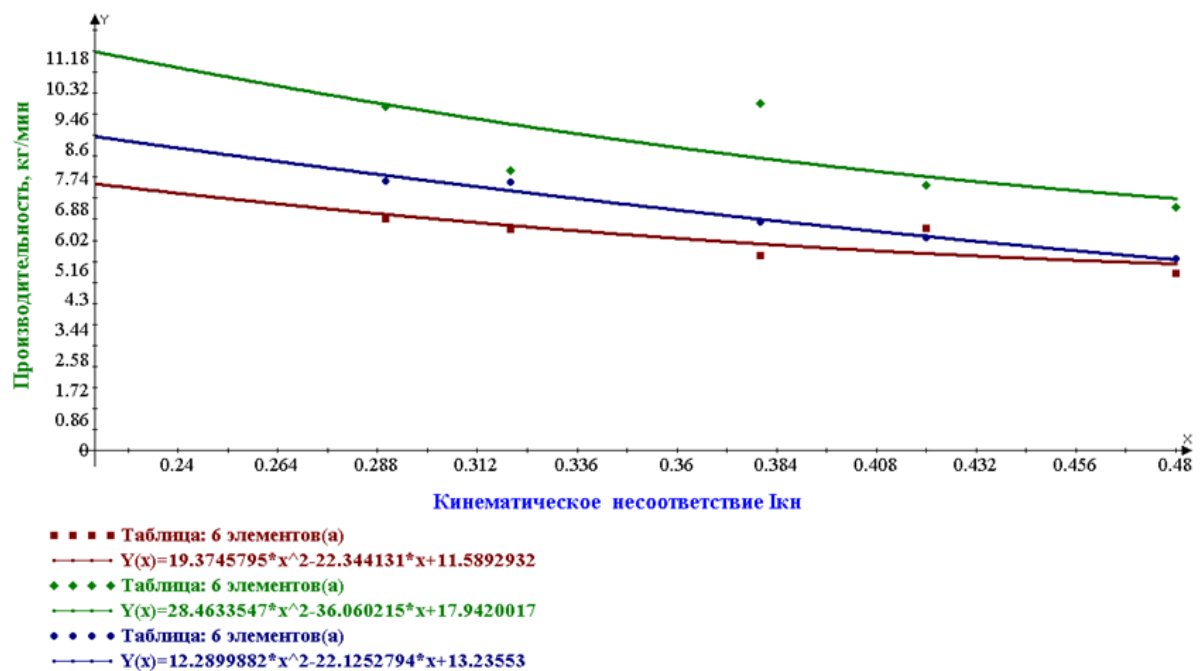


Рис. 4. Зависимость производительности по общему выходу фракций от кинематического несоответствия ветвей при $d_{вып} = 9,0$ мм:

■ – высота Нсл = 260 мм; ◆ – высота Нсл = 380 мм; ● – высота Нсл = 500 мм

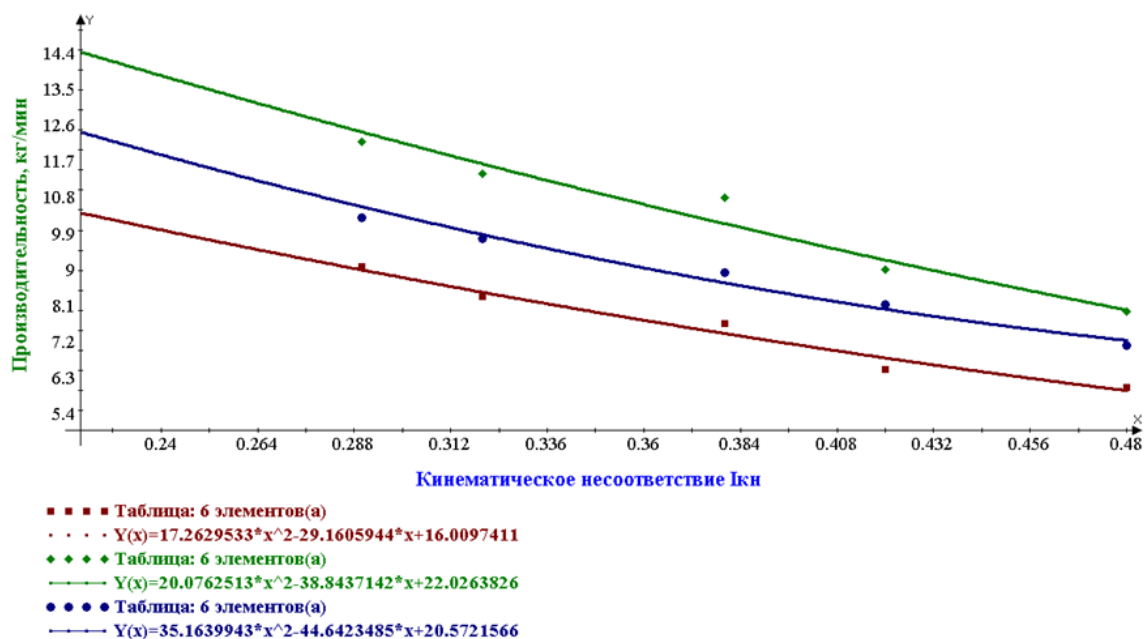


Рис. 5. Зависимость производительности по общему выходу фракций от кинематического несоответствия ветвей при $d_{\text{вып}}=10,4$ мм:

■ – высота Нсл = 260 мм; ◆ – высота Нсл = 380 мм; ● – высота Нсл = 500 мм

Анализ полученных зависимостей производительности по общему выходу классов от величины кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура и высоты столба материала над ротором показывает, что во всех случаях с увеличением значения кинематического несоответствия его производительность снижается по падающей полиномиальной зависимости типа

$$y_1 = ax^2 - bx + c.$$

Это объясняется следующими причинами. При возрастании величины кинематического несоответствия, которая происходит за счет увеличения угловой скорости ротора, частицы материала, находящиеся в полости барабана и примыкающие к его стенкам начинают проскальзывать относительно неё. Движение этих частиц в барабане в этом случае происходит не по наиболее выгодной для осуществления процесса самоизмельчения тороидальной траектории, циркуляция частиц в вертикальной плоскости осуществляется менее интенсивно, и процесс самоизмельчения начинает затухать по мере возрастания величины кинематического несоответствия с $I_{\text{кн}}=0,22$ до $0,48$.

Высота слоя материала над ротором влияет на производительность следующим образом. Наибольшая производительность происходит при высоте Нсл = 380 мм, а минимальная при высоте слоя 500 и 260 мм соответственно красная и синяя линия. При этом наибольший выигрыш по производительности дает высота столба

материала, при которой соотношение среднего исходного размера куска к высоте слоя равно $id \approx \text{Нсл}/d_{\text{исх}} = 10 \div 12$ и далее при соотношении, равному $id < 6 \div 8$, производительность имеет резкую тенденцию к её снижению. При значениях исходной высоты материала над ротором более 500 мм, при которой $id > 12 \div 15$ также наблюдается тенденция к снижению производительности.

Такая физическая картина проистекает по следующим причинам.

Высота слоя Нсл = 380 мм является оптимальной, при которой процесс самоизмельчения в мельнице осуществляется с наибольшей производительностью. При этом циркуляция материала и взаимодействие частиц происходит более высокой скоростью, что способствует более высокому контактному взаимодействию частиц, чем при других значениях величины кинематического несоответствия $I_{\text{кн}}$. Следовательно, в этом случае и производительность будет наибольшей, а энергозатраты минимальными.

При высоте слоя Нсл = 260 мм наблюдается, как указано выше, снижение производительности мельницы. При исследовании причин данного явления было установлено, что при такой высоте наблюдается прилипание мелких частиц, имеющих размеры, равные $(1,5 \div 1,8)$ диаметра выпускных отверстий в барабане – двып, к внутренней его поверхности. Такое явление препятствует своевременной эвакуации достигшей определенной степени измельчения частиц за пределы установки. Причиной такого

явления объясняется преобладанием центробежных сил при вращении ротора с силами, возникающими при образовании циркулирующей мощности, при которой циркуляция частиц происходит по тороидальной траектории, характерная для протекания процесса самоизмельчения. Следовательно, при такой высоте слоя материала над ротором будет происходить переизмельчение материала, производительность установки будет снижаться, а энергозатраты возрастать.

При значениях исходной высоты материала над ротором более 500 мм, при значении которой $id > 12 \div 15$ в верхних слоях образуются купола (провалы). Возникновение такого явления нарушает процесс циркуляции частиц материала по тороидальной траектории, интенсивность их взаимодействия снижается, что приводит к снижению производительности мельницы.

Выводы. Полученные экспериментальные данные и построенные на их основе графические зависимости производительности от кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура позволили установить физическую картину процесса. Возможность регулирования кинематического несоответствия ветвей в замкнутом контуре в мельнице этой системы позволит влиять в широких пределах на выходные параметры, в том числе и на производительность, что невозможно осуществлять в мельницах динамического самоизмельчения системы «МАЯ».

Полученные экспериментальные данные будут востребованы конструкторами и при проектировании и выборе основных конструктивных и режимных параметров мельниц системы «МКАД».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Минрегиона РФ от 30.05.2011 № 262 «Об утверждении Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года».
2. А. с. № 651845 (СССР), МПК4 В 02 С13/14. Способ измельчения материала/ Ягунов А.В.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. - № 2331562; заявл. 09.06.1976, опубл. 15.03.1979, Бюл. №11. - 3 с.
3. А.с. № 710632 (СССР), МКИ В 02 С13/00. Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»/ Ягунов А.В.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. - заявка № 2325134; заявл. 17.02.1976, опубл. 25.01.1980, Бюл. №3. 4 с.
4. А.с. №1308382 (СССР), МКП4 В 02 С13/14. Мельница динамического самоизмельче-

ния/ Ягунов А.В., Хетагуров В.Н., Гегелашвили М.В., Фридман Е.М.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. - заявка № 4000261; заявл. 30.12.1985, опубл. 07.08.87, Бюл. №17. 3 с.

5. Ягунов А.В., Гегелашвили М.В., Хетагуров В.Н., Палванов В.П. Опыт динамического самоизмельчения золотосодержащей руды // Колыма. 1986. №5. С. 14–15.

6. Хетагуров В.Н., Кузьминов А.П. Опыт промышленной эксплуатации центробежной мельницы нового типа на Новочеркасском электродном заводе (НЭЗ) // В сб. научных трудов СКГТУ №4.- г. Владикавказ, 1998. С. 251-254.

7. Ягунов А.В., Хетагуров В.Н. Вертикальные мельницы динамического самоизмельчения и результаты их практического применения. //Дробильно-размольное оборудование и технология дезинтеграции: Междувед. сб. науч. тр./ «Механобр». Л., 1991. С. 49

8. Гегелашвили М.В. Определение границ скоростных режимов движения материала в мельнице динамического самоизмельчения «МАЯ» // Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия. Матер. междунар. симп. (Орел 22- 24 нояб. 2000 г.) Орел ОПУ. 2000. С. 245–249.

9. Дровников А.Н., Остановский А.А., Маслов Е.В. Классификация вертикальных мельниц динамического самоизмельчения как основа создания измельчительного оборудования нового поколения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2014. № 6. С. 12–17.

10. Измельчитель динамического самоизмельчения. Дровников А. Н., Остановский А. А., Никитин Е. В., Павлов И. А., Осипенко Л. А., Агафонов Н.А. Патент на изобретение №2465960. Оpubл. 10.11.2012 г. Бюл. №31.

11. Мельница. Дровников А. Н., Остановский А. А., Маслов Е. В., Бурков Н. В., Романенко Г. Н. Патент на изобретение №2496581. Оpubл. 27.10.2013. Бюл. №30.

12. Измельчитель динамического самоизмельчения материала. Дровников А. Н., Остановский А. А., Маслов Е. В., Рыбальченко А. Н. Патент на изобретение №2520008. Заявка: 2013105689/13. Дата подачи заявки 11.02.2013. Оpubл. 20.06.2014 г., Бюл. №17.

13. Устройство для измельчения материала. Дровников А. Н., Остановский А. А. Патент на изобретение №2526668. Оpubл. 27.08.2014. Бюл. №24.

14. Мельница. Дровников А.Н., Исаков В.С., Остановский А.А., Никитин Е.В., Маслов Е.В., Городнянский В.М., Черкесов В.Ю. Патент

на изобретение №2558205. Оpubл. 27.07.2015. Бюл. №21.

15. Остановский А.А., Дровников А.Н., Чирской А. С. Сравнительный анализ мельниц динамического самоизмельчения системы «МАЯ» и «МКАД» // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2015. № 1. С. 90–95.

16. Адлер Ю. П., Маркова Е.В., Гранвеб Ю.В. Планирование эксперимента при поиске

оптимальных условий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1976. 279 с.

17. Остановский А.А., Маслов Е.В. К определению производительности и удельных энергозатрат в вертикальной мельнице динамического самоизмельчения с силовым замкнутым контуром // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2015. №3. С. 59–67.

Ostanovskiy A. A., Drovnikov A. N., Osipenko L.A.

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF KINEMATIC MISMATCH BRANCHES
CLOSED-LOOP PERFORMANCE IN MILLS «MCAD» SYSTEM**

The results of experimental investigations of the dependence of the system performance of the mill «MCAD», which has a mechanism of a closed loop, the value of its branches kinematic mismatch. Built graphically this relationship. A description of features of the physical picture of the ongoing process.

Key words: theory of destruction, energy efficiency, power consumption, performance, kinematic discrepancy, mill, circulating power.

Остановский Александр Аркадьевич, докторант, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг».

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, 147

E-mail: Ostanovskiy51@mail.ru

Дровников Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг».

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, 147

E-mail: drownikow@pochta.ru

Осипенко Людмила Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг».

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, 147

E-mail: aaanet@mail.ru

Бойко А.Ф., д-р техн. наук, доц.,
Лойко А.М., аспирант,
Переверзев С.С., аспирант,
Шинкарев И.Ю., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРОШИВКИ МИКРООТВЕРСТИЙ

Lam.bel@mail.ru

В статье изложены результаты исследований зависимости производительности процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий от шести основных параметров процесса. Были получены математические модели многофакторной зависимости производительности обработки и проведен графический анализ полученных зависимостей. Для полученных моделей была произведена статистическая оценка результатов планирования эксперимента по основным показателям: значимости коэффициентов и адекватности модели. Коэффициенты математических моделей были рассчитаны для электроэрозионной прошивки микроотверстий в различных материалах. Установлено, что производительность процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий в наибольшей степени зависит от энергии импульсов.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, микроотверстия, производительность, многофакторная зависимость, математическое моделирование, эксперимент.

Введение. Для получения микроотверстий диаметром до 0,2 мм в условиях современного производства широкое применение нашёл метод электроэрозионной прошивки. В связи с расширением номенклатуры изделий с микроотверстиями возникла необходимость повышения экономических показателей обработки, во многом определяемых производительностью процесса электроэрозионной прошивки [1–4]. Возникла актуальная научная задача повышения производительности электроэрозионной обработки микроотверстий. Для решения данной задачи необходимо провести глубокий анализ зависимости производительности обработки от параметров процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий.

Целью проведения эксперимента является определение реальной зависимости производительности процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий от основных параметров процесса.

Методология. Эксперимент был выполнен на электроэрозионном станке 04ЭП-10М с использованием оптической головки ОГМЭ-ПЗ. При проведении многофакторного эксперимента в качестве обрабатываемого материала использовалась хромоникелевая сталь 12Х18Н10Т, в качестве электрода-инструмента – вольфрамовая проволока.

Основная часть. Электроэрозионная прошивка микроотверстий относится к методу прямого копирования, когда форма и размер получаемого отверстия определяются соответствующими

формой и размерами электрода-инструмента, имеющего в данном случае простейшую геометрическую форму в виде микропроволоки. В большинстве случаев исследуемый процесс применяется для получения сквозных и глухих микроотверстий диаметром 10 – 200 мкм.

В основе многофакторного эксперимента лежит регрессивный (корреляционный) анализ, суть которого заключается в установлении уравнения регрессии, то есть вида функциональной зависимости между случайными величинами: исследуемой функцией и переменными факторами.

В данном эксперименте определяется зависимость производительности Q от диаметра электрода-инструмента d , глубины прошивки H , энергии импульса E , частоты следования импульсов f , частоты вибрации электрода-инструмента f_v и амплитуды A . В данном эксперименте проводится электроэрозионная прошивка микроотверстий диаметром от 20 мкм до 100 мкм.

Математическая модель производительности при электроэрозионной прошивке может быть представлена следующим уравнением в общем виде:

$$Q = C_1 \cdot d^{\alpha_1} \cdot H^{\alpha_2} \cdot E^{\alpha_3} \cdot f^{\alpha_4} \cdot f_v^{\alpha_5} \cdot A^{\alpha_6}, \quad (1)$$

где $C_1, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ – параметры исследуемой модели.

Для приведения уравнения (1) к линейному виду, прологарифмируем его:

$$\ln Q = \ln C_1 + \alpha_1 \ln d + \alpha_2 \ln H + \alpha_3 \ln E + \alpha_4 \ln f + \alpha_5 \ln f_v + \alpha_6 \ln A. \quad (2)$$

Примем $\ln Q = y$, $\ln C_1 = b_0$, $\alpha_1 = b_1$, $\ln d = x_1$, $\alpha_2 = b_2$, $\ln H = x_2$, $\alpha_3 = b_3$, $\ln E = x_3$, $\alpha_4 = b_4$, $\ln f = x_4$, $\alpha_5 = b_5$, $\ln f_v = x_5$, $\alpha_6 = b_6$, $\ln A = x_6$, тогда уравнение (2) примет вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_6 x_6. \quad (3)$$

Решение этого уравнения сводится к нахождению коэффициентов $b_0 \dots b_6$ методом наименьших квадратов. В полученном линейном полиноме переменные факторы $x_1 \dots x_6$ принимают кодированные значения [5, 6].

Кодирование переменных осуществляется по следующим уравнениям преобразования:

$$x_1 = \frac{2 \cdot (\ln d + \ln d_{\max})}{\ln d_{\max} - \ln d_{\min}} + 1, \quad (4)$$

$$x_2 = \frac{2 \cdot (\ln H + \ln H_{\max})}{\ln H_{\max} - \ln H_{\min}} + 1, \quad (5)$$

$$x_3 = \frac{2 \cdot (\ln E + \ln E_{\max})}{\ln E_{\max} - \ln E_{\min}} + 1, \quad (6)$$

$$x_4 = \frac{2 \cdot (\ln f + \ln f_{\max})}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}} + 1, \quad (7)$$

$$x_5 = \frac{2 \cdot (\ln f_v + \ln f_{v \max})}{\ln f_{v \max} - \ln f_{v \min}} + 1, \quad (8)$$

$$x_6 = \frac{2 \cdot (\ln A + \ln A_{\max})}{\ln A_{\max} - \ln A_{\min}} + 1. \quad (9)$$

Так как варьирование факторов имеет большой диапазон, то невозможно одной моделью охватить весь интервал варьирования факторов. Следовательно, необходимо разбить интервалы варьирования для охвата всего диапазона.

Разобьем диапазон диаметров микроотверстий от 20 мкм до 100 мкм на два интервала варьирования от 20 мкм до 50 мкм и от 50 мкм до 100 мкм. Тогда модель производительности будет иметь обозначения: для интервала варьирования от 20 мкм до 50 мкм – Q_{20-50} ; для интервала варьирования от 50 мкм до 100 мкм – Q_{50-100} .

Расчет модели для интервала варьирования от 50 мкм до 100 мкм приводится подробно, расчет для интервала варьирования от 20 мкм до 50 мкм выполняется аналогично.

Условия эксперимента для интервала варьирования диаметров от 50 мкм до 100 мкм представлены в табл. 1.

Таблица 1

Таблица условий эксперимента для диаметров от 50 мкм до 100 мкм

Уровни факторов	Натуральные значения факторов						Кодовые значения факторов					
	d , мкм	H , мкм	E , мкДж	f , кГц	f_v , Гц	A , мкм	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
верхний	100	1200	50,47	100	590	16	+1	+1	+1	+1	+1	+1
средний	70	350	25,79	50	376,3	4	0	0	0	0	0	0
нижний	50	100	13,18	25	240	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Натуральные значения факторов среднего уровня определяются по формуле (для диаметра электрода-инструмента):

$$d_{cp} = e^{\frac{\ln d_{\max} + \ln d_{\min}}{2}}, \quad (10)$$

аналогично и для других параметров модели.

Кодированные значения факторов для модели с интервалом варьирования диаметров от 50 мкм до 100 мкм по зависимостям (4) – (9) будут иметь вид:

$$x_1 = 2,89 \ln d - 12,29, \quad (11)$$

$$x_2 = 0,8 \ln H - 4,71, \quad (12)$$

$$x_3 = 1,49 \ln E - 4,84, \quad (13)$$

$$x_4 = 1,44 \ln f - 5,64, \quad (14)$$

$$x_5 = 2,22 \ln f_v - 13,19, \quad (15)$$

$$x_6 = 0,72 \ln A - 1. \quad (16)$$

Для определения коэффициентов уравнения (3) необходимо провести дробный факторный эксперимент с 1/8 репликой типа 2^{6-3} .

Матрица планирования эксперимента приведена в табл. 2.

В соответствии с составленной матрицей планирования были проведены эксперименты и определены значения производительности процесса прошивки (табл. 3).

По результатам экспериментов определяются коэффициенты уравнения (3) по следующим формулам:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (17)$$

$$b_1 \dots b_6 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i x_i, \quad (18)$$

где n – количество экспериментов, y_i – логарифм полученного значения эксперимента, x_i – кодовое значение фактора.

После вычисления коэффициентов по формулам (17) и (18) и подстановки их в уравнение

(3) получим уравнение регрессии:

$$y_{Q(50-100)} = 2,82 - 0,083x_1 - 0,62x_2 + 0,45x_3 + 0,11x_4 + 0,195x_5 + 0,075x_6. \quad (19)$$

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента для диаметров от 50 мкм до 100 мкм

№ опыта	Натуральные значения факторов						Кодовые значения факторов						
	d , мкм	H , мкм	E , мкДж	f , кГц	f_v , Гц	A , мкм	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
1	100	1200	50,47	100	590	16	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	50	1200	50,47	25	240	16	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
3	100	100	50,47	25	590	1	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1
4	50	100	50,47	100	240	1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1
5	100	1200	13,18	100	240	1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1
6	50	1200	13,18	25	590	1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1
7	100	100	13,18	25	240	16	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1
8	50	100	13,18	100	590	16	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1

Таблица 3

Результаты экспериментов для диаметров от 50 мкм до 100 мкм

№ опыта	Производительность обработки Q , мкм/с	$y = \ln Q$
1	17,64	2,87
2	13,14	2,58
3	49,52	3,9
4	42,06	3,74
5	4,91	1,59
6	5,82	1,76
7	13,42	2,6
8	34,49	3,54

После раскодирования уравнения (19) и потенцирования получим искомую математическую модель:

$$Q_{50-100} = \frac{e^{1,31 \cdot E^{0,67} \cdot f^{0,16} \cdot f_v^{0,43} \cdot A^{0,05}}}{d^{0,24} \cdot H^{0,5}}. \quad (20)$$

Аналогично была получена модель производительности обработки для интервала варьирования от 20 мкм до 50 мкм:

$$Q_{20-50} = \frac{d^{0,62} \cdot E^{1,4} \cdot f^{0,38} \cdot A^{0,05}}{e^{0,083} \cdot H^{0,66} \cdot f_v^{0,08}}. \quad (21)$$

Для полученных моделей была произведена статистическая оценка результатов планирования эксперимента по основным показателям: значимости коэффициентов и адекватности модели [5, 7].

При оценке значимости коэффициентов подлежат оценке коэффициенты уравнения регрессии (19) до его раскодирования. Значимость любого коэффициента уравнения проверяется путем сравнения абсолютного значения коэффициента b_i с доверительным интервалом Δb коэффициентов регрессии [5, 7]. Коэффициент b_i считается значимым, если:

$$|b_i| \geq \Delta b. \quad (22)$$

В результате расчетов было установлено, что все коэффициенты уравнения регрессии (19) больше Δb , следовательно, они являются значимыми. Для интервала варьирования от 20 до 50 мкм было установлено, что коэффициент при переменной x_5 меньше Δb , следовательно, он не является значимым.

Проверка адекватности модели выполнена по F -критерию Фишера [8]. Для обоих интервалов варьирования факторов расчетное значение критерия оказалось меньше теоретического ($F_p < F_m$), следовательно, полученные математические модели адекватны.

Были проведены шестифакторные эксперименты с другими обрабатываемыми материалами, получены соответствующие математические модели. Установленные коэффициенты модели (1), полученные при электроэрозионной прошивке микроотверстий в различных материалах вольфрамовыми электродами-инструментами, представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Коэффициенты модели производительности процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий диаметром 20 – 50 мкм:

$$Q_{20-50} = C_1 \cdot d^{\alpha_1} \cdot H^{\alpha_2} \cdot E^{\alpha_3} \cdot f^{\alpha_4} \cdot f_v^{\alpha_5} \cdot A^{\alpha_6}$$

Обрабатываемый материал	C_1	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
Латунь	0,57	0,68	-0,52	1,57	0,48	-0,04	0,075
Молибден	3,86	0,63	-0,70	1,33	0,39	-0,07	0,06
Сталь У8	3,96	0,47	-0,81	1,46	0,47	-0,04	0,05
Ковар 29НК	3,88	0,56	-0,72	1,42	0,30	-0,03	0,045
Медь	19,7	0,39	-0,94	1,29	0,32	-0,05	0,06
Твердый сплав ВК6М	10,5	0,41	-0,86	1,18	0,43	-0,06	0,055
Никель	3,46	0,53	-0,71	1,26	0,35	-0,075	0,04
Вольфрам	1,94	0,57	-0,60	1,31	0,26	-0,08	0,042
Сталь 12Х18Н10Т	0,92	0,62	-0,66	1,40	0,38	-0,08	0,05
Хром	3,5	0,52	-0,69	1,25	0,20	-0,085	0,035
Сплав 47НД	4,57	0,42	-0,83	1,35	0,29	-0,066	0,04
Тантал	13,04	0,35	-0,90	1,28	0,21	-0,09	0,03
Константан СНМц 40 - 1,5	20,37	0,30	-0,93	1,22	0,18	-0,11	0,04

Таблица 5

Коэффициенты модели производительности процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий диаметром 50 – 100 мкм:

$$Q_{50-100} = C_1 \cdot d^{\alpha_1} \cdot H^{\alpha_2} \cdot E^{\alpha_3} \cdot f^{\alpha_4} \cdot f_v^{\alpha_5} \cdot A^{\alpha_6}$$

Обрабатываемый материал	C_1	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
Латунь	5,04	-0,19	-0,46	0,74	0,21	0,47	0,11
Молибден	3,47	-0,2	-0,42	0,77	0,19	0,45	0,09
Сталь У8	4,32	-0,26	-0,38	0,61	0,23	0,41	0,085
Ковар 29НК	3,09	-0,21	-0,48	0,72	0,15	0,50	0,07
Медь	1,31	-0,18	-0,35	0,80	0,20	0,38	0,09
Твердый сплав ВК6М	6,54	-0,22	-0,47	0,70	0,14	0,35	0,06
Никель	3,41	-0,15	-0,52	0,64	0,26	0,40	0,06
Вольфрам	2,69	-0,28	-0,40	0,55	0,17	0,51	0,075
Сталь 12Х18Н10Т	3,71	-0,24	-0,5	0,67	0,16	0,43	0,05
Хром	12,5	-0,29	-0,56	0,65	0,12	0,32	0,04
Сплав 47НД	25,34	-0,32	-0,60	0,51	0,15	0,28	0,045
Тантал	14,58	-0,30	-0,63	0,61	0,15	0,31	0,035
Константан СНМц 40 - 1,5	7,68	-0,27	-0,55	0,58	0,20	0,26	0,05

На рис. 1–3 представлены графики зависимости производительности процесса (Q_{20-50} и Q_{50-100}) электроэрозионной прошивки микроот-

верстий моделей (20) и (21) от одного из факторов при среднем значении остальных факторов.

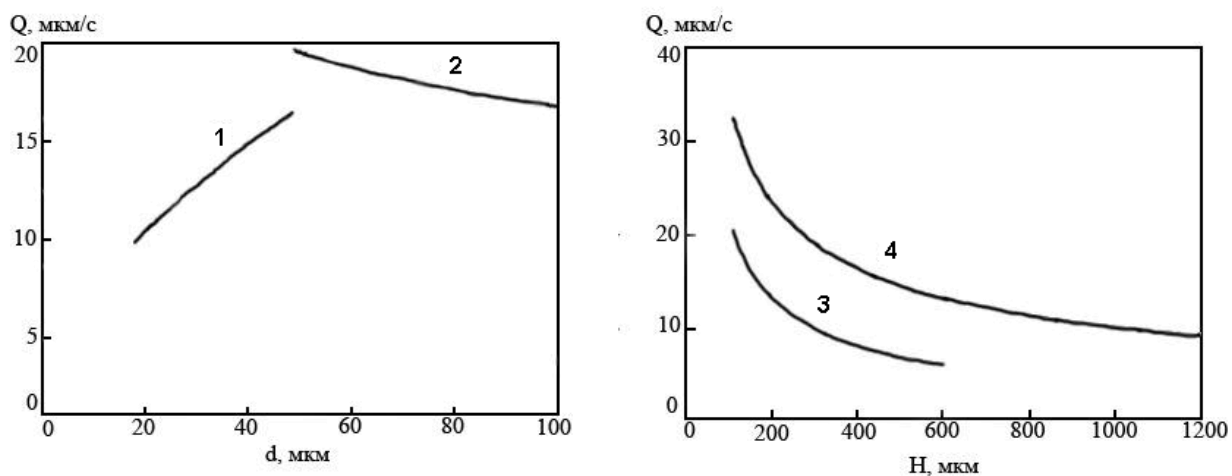


Рис. 1. Графики зависимости производительности Q от диаметра d электрода-инструмента (слева) и глубины H прошиваемого отверстия (справа): 1 – $Q_{20-50}(d)$; 2 – $Q_{50-100}(d)$; 3 – $Q_{20-50}(H)$; 4 – $Q_{50-100}(H)$

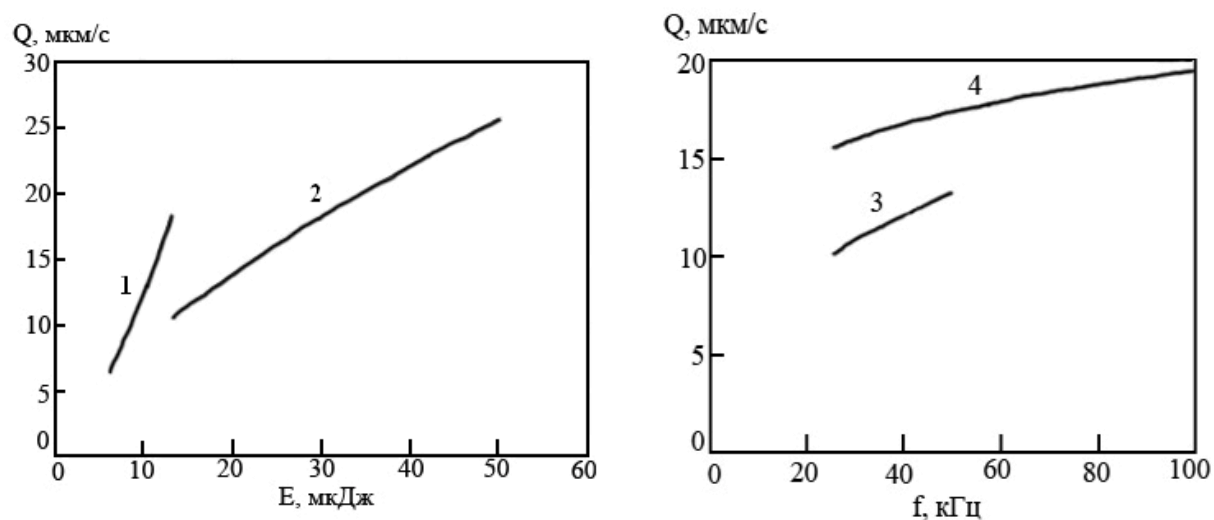


Рис. 2. Графики зависимости производительности Q от энергии E импульсов (слева) и частоты f импульсов (справа): 1 – $Q_{20-50}(E)$; 2 – $Q_{50-100}(E)$; 3 – $Q_{20-50}(f)$; 4 – $Q_{50-100}(f)$

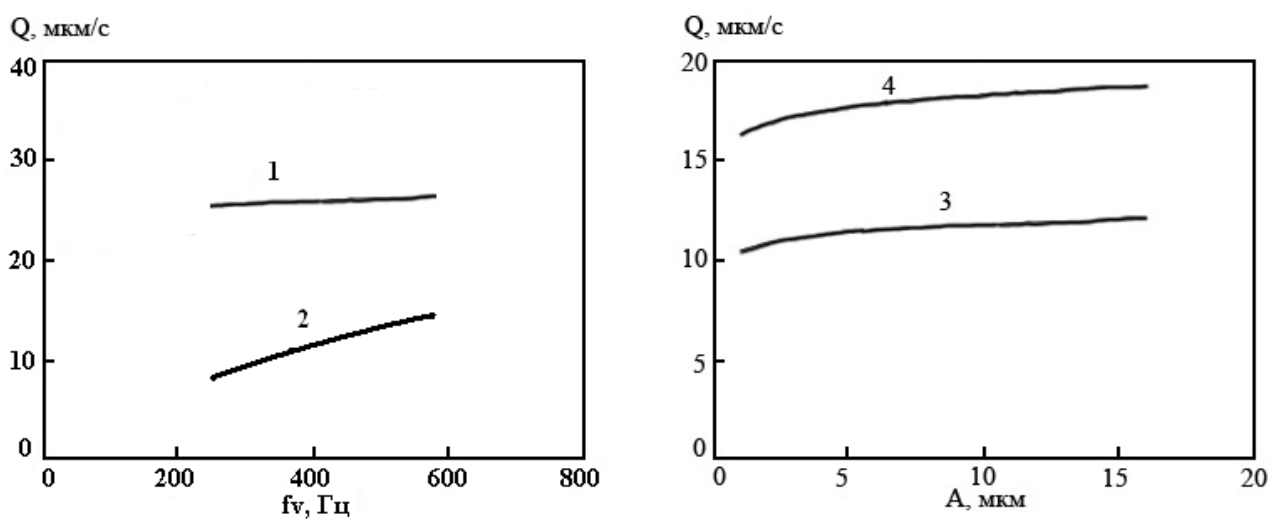


Рис. 3. Графики зависимости производительности Q от частоты f_v вибрации и амплитуды A вибрации электрода-инструмента (справа): 1 – $Q_{20-50}(f_v)$; 2 – $Q_{50-100}(f_v)$; 3 – $Q_{20-50}(A)$; 4 – $Q_{50-100}(A)$

Выводы:

1. С увеличением диаметра электрода-инструмента с 20 до 50 мкм при прочих неизменных условиях производительность процесса возрастает и, наоборот, с увеличением диаметра от 50 до 100 мкм при обработке на соответствующих режимах производительность падает (рис. 1, кривые 1 и 2). Этот факт подтверждает положение, что для каждого диаметра электрода-инструмента существует оптимальное сочетание режимов обработки, при котором обеспечивается наибольшая производительность [1].

2. С увеличением глубины обработки уменьшается производительность (рис. 1, кривые 3 и 4), так как при обработке на большей глубине ухудшаются условия самоэвакуации продуктов эрозии из межэлектродного промежутка.

3. С увеличением энергии импульсов производительность процесса увеличивается во всем диапазоне энергий (рис. 2, кривые 1 и 2), причем особенно интенсивно в области малых значений энергии.

4. Увеличение частоты импульсов увеличивает производительность процесса (рис. 2, кривые 3 и 4), причем более существенно в диапазоне малых диаметров, что объясняется более высокой удельной подводимой электрической мощностью в случае прошивки отверстий малого диаметра.

5. Частота вибрации электрода-инструмента незначительно влияет на производительность процесса в диапазоне малых диаметров электрода-инструмента (рис. 3, кривая 1) и значительно – в диапазоне больших диаметров (кривая 2); при этом с увеличением частоты вибрации увеличивается производительность процесса, что объясняется относительным увеличением числа рабочих (полезных) разрядных импульсов в общем количестве генерируемых импульсов.

6. Из графиков на рис. 3 видно, что с увеличением амплитуды вибрации электрода-

инструмента растет производительность процесса (кривые 3 и 4). При этом, больший эффект по производительности достигается в диапазоне больших диаметров электрода-инструмента. Таким образом, увеличение и частоты и амплитуды вибрации более эффективно для электродов-инструментов большего диаметра.

7. Из полученных математических моделей и построенных графиков видно, что наиболее значимым параметром, влияющим на производительность процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий, является энергия импульсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойко А.Ф. Эффективная технология и оборудование для электроэрозионной прошивки прецизионных микроотверстий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 314 с.
2. Пузачева Е.И. Совершенствование технологии малоизносной электроэрозионной обработки высокоточных малых отверстий: Автореф. дис. канд. техн. наук. Брянск, 2015. 22 с.
3. Бойко А.Ф., Пузачева Е.И. Точность электроэрозионной прошивки микроотверстий // Технология машиностроения. 2012. №6. С. 50–53.
4. Фатеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. М.: Машиностроение, 1980. 184 с.
5. Погонин А.А., Бойко А.Ф., Блинова Т.А. Научно-исследовательская работа по специальности. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 56 с.
6. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.
7. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия, 1974. 264 с.
8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.

Boyko A.F., Loyko A.M., Pereverzev S.S., Shinkaryov I.Y.

RESEARCH OF MULTIFACTORIAL DEPENDENCE OF PRODUCTIVITY AT THE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF SMALL OPENINGS

The article presents the results of research dependence of productivity at electrical discharge machining (EDM) of small openings by six main process parameters. Mathematical models of multifactorial dependence of productivity were obtained, and graphical analysis of the dependencies was performed. For the obtained models was performed statistical evaluation of experimental results in the main indicators: the significance of the coefficients and the adequacy of the model. The coefficients of mathematical models have been designed for EDM of small openings in various materials. It is found that the productivity is most dependent on the impulses energy.

Key words: electrical discharge machining, small openings, productivity, multifactorial dependence, mathematical modeling, experiment.

Бойко Анатолий Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лойко Алексей Михайлович, аспирант кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: lam.bel@mail.ru

Переверзев Станислав Сергеевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: perewerzev.ctanislav@yandex.ru

Шинкарев Иван Юрьевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: egorka20082008@mail.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.12737/22089

Корытов М.С., д-р техн. наук, доц.,
Щербаков В.С., д-р техн. наук, проф.,
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАШЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ НЕУПРАВЛЯЕМОГО СМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ПОДВЕСА

kms142@mail.ru

Активный способ гашения остаточных маятниковых колебаний груза после остановки мостового крана путем перемещений точки подвеса груза при помощи гидроцилиндров может быть усовершенствован путем уменьшения неуправляемого смещения точки подвеса и обеспечения требуемого смещения точки подвеса в процессе гашения. Чтобы устранить неуправляемые смещения точки подвеса и одновременно обеспечить требуемое смещение точки подвеса в процессе гашения остаточных колебаний груза, схема связей модели механической подсистемы мостового крана с пропорционально-интегрально-дифференциальным регулятором для гашения остаточных колебаний груза была дополнена блоками последовательно соединенных источника непрерывно нарастающего сигнала и ограничителя. Приведены примеры временных зависимостей перемещений подвеса и груза при гашении остаточных колебаний при отсутствии коррекции и по усовершенствованной схеме. Коррекция остаточного смещения точки подвеса возможна в пределах половины хода штока гидроцилиндра устройства гашения. Усовершенствованный способ гашения обеспечивает смещение точки подвеса и груза в требуемое положение с максимальной абсолютной погрешностью не более 0,04 м, которая может считаться незначительной при перемещении грузов.

Ключевые слова: мостовой кран, ПИД-регулирование, скорость, перемещение, груз, гашение колебаний, привод.

Введение. Повышение производительности кранов мостового типа (МК) возможно за счет уменьшения остаточных маятниковых колебаний груза после его доставки в целевую позицию. Продолжительность завершения колебаний груза при отсутствии гашения может составлять до 20 % времени цикла МК [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Для гашения колебаний груза после остановки грузовой тележки может быть использован гидравлический привод. Задачу позволяет решить усовершенствование конструкции МК с помощью двух гидроцилиндров, гильзы которых ориентированы взаимно перпендикулярно в горизонтальной плоскости (рис. 1, точка O_4) [7, 8].

Способ гашения остаточных колебаний груза [8] заключается в синтезе при помощи имитационной модели МК с ПИД-регулятором (рис. 2) функции ускорения перемещения точки подвеса вдоль оси X_0 (в одной плоскости из двух).

Описание усовершенствования. Способ гашения остаточных колебаний после остановки точки подвеса, схема которого представлена на рис. 2, может быть усовершенствован путем уменьшения неуправляемого смещения точки

подвеса и обеспечения требуемого смещения точки подвеса в процессе гашения.

Необходимость в этом может возникнуть, если остановка моста или основной грузовой тележки МК была произведена не точно. Повторный пуск основного электропривода моста в этом случае будет менее предпочтительным, чем доводка точки подвеса на небольшое расстояние при помощи дополнительной тележки с гидроприводом. Для коррекции на малые расстояния в пределах хода штока гидроцилиндра, пуск основного электропривода не рационален, т.к. в этом случае потребуются выключение привода через доли секунды после включения.

Чтобы устранить неуправляемые смещения точки подвеса и одновременно обеспечить требуемое смещение точки подвеса в процессе гашения остаточных колебаний груза, схема связей модели механической подсистемы МК с ПИД-регулятором для гашения остаточных колебаний груза (см. рис. 2) была дополнена двумя блоками (рис. 3).

Это последовательно соединенные источник непрерывно нарастающего сигнала и ограничитель. Сигнал от этих двух блоков суммируется с

сигналом на выходе последнего интегратора, т.е. к требуемому перемещению точки подвеса, синтезируемому вторым интегратором, добавляется

корректирующая поправка перемещений точки подвеса $\Delta l_{корр}$, величина которой является параметром дополнительного блока ограничителя.

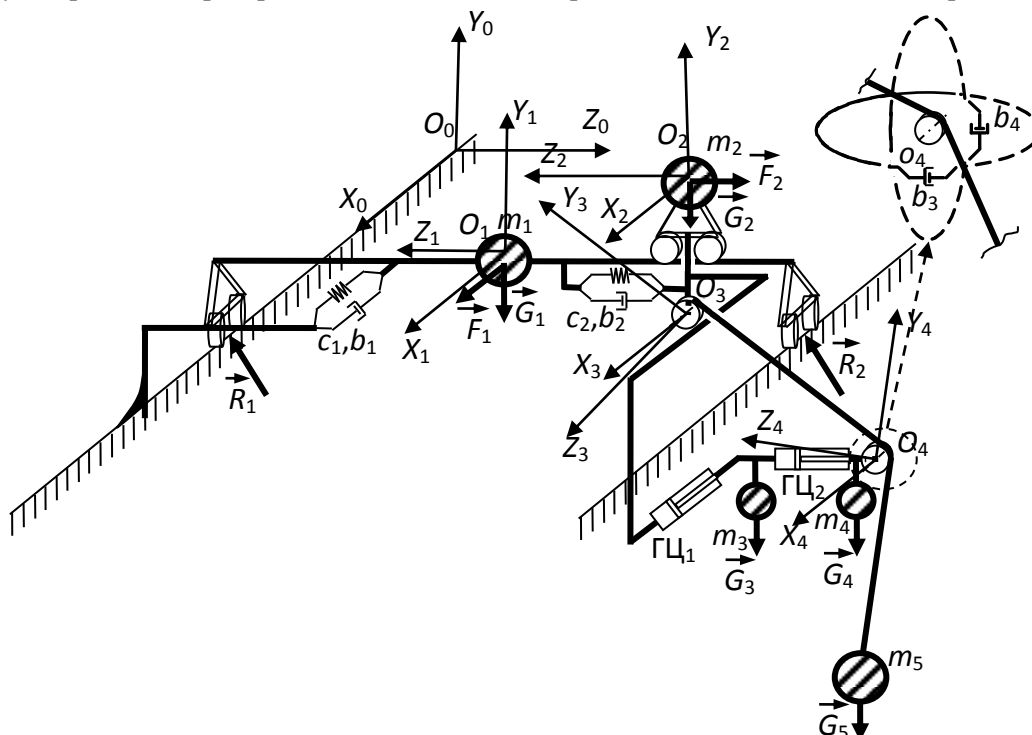


Рис. 1. Расчетная схема мостового крана с двумя гидроцилиндрами перемещения точки подвеса груза

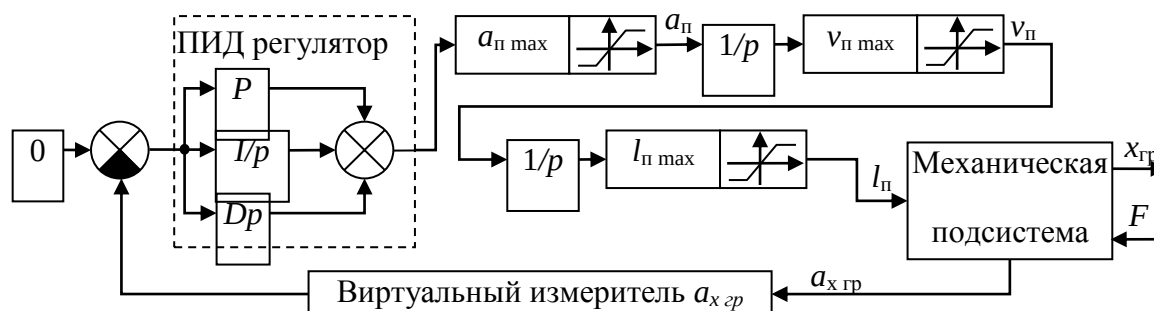


Рис. 2. Схема связей модели механической подсистемы мостового крана с ПИД-регулятором для гашения остаточных колебаний груза при помощи гидропривода

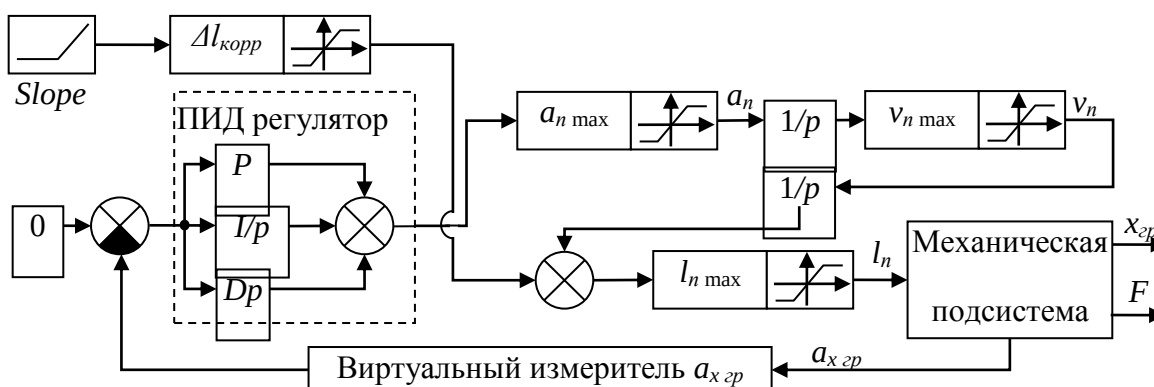


Рис. 3. Усовершенствованная схема связей модели механической подсистемы мостового крана с ПИД-регулятором для гашения остаточных колебаний груза при помощи гидропривода

Источником непрерывно нарастающего сигнала характеризуется значением скорости $Slope$

нарастания сигнала поправки (угловым коэффициентом временной зависимости):

$$\text{Slope} = \Delta l_{\text{корр}} / 5, [\text{м/с}]. \quad (1)$$

Время начала нарастания сигнала принято равным нулю, т.е. совпадает с началом гашения остаточных колебаний груза.

В результате сигнал на выходе двух блоков последовательно соединенных источника непре-

рывно нарастающего сигнала и ограничителя достигает значения $\Delta l_{\text{корр}}$ за 5 с, что укладывается в промежуток времени гашения колебаний во всем диапазоне исследованных параметров.

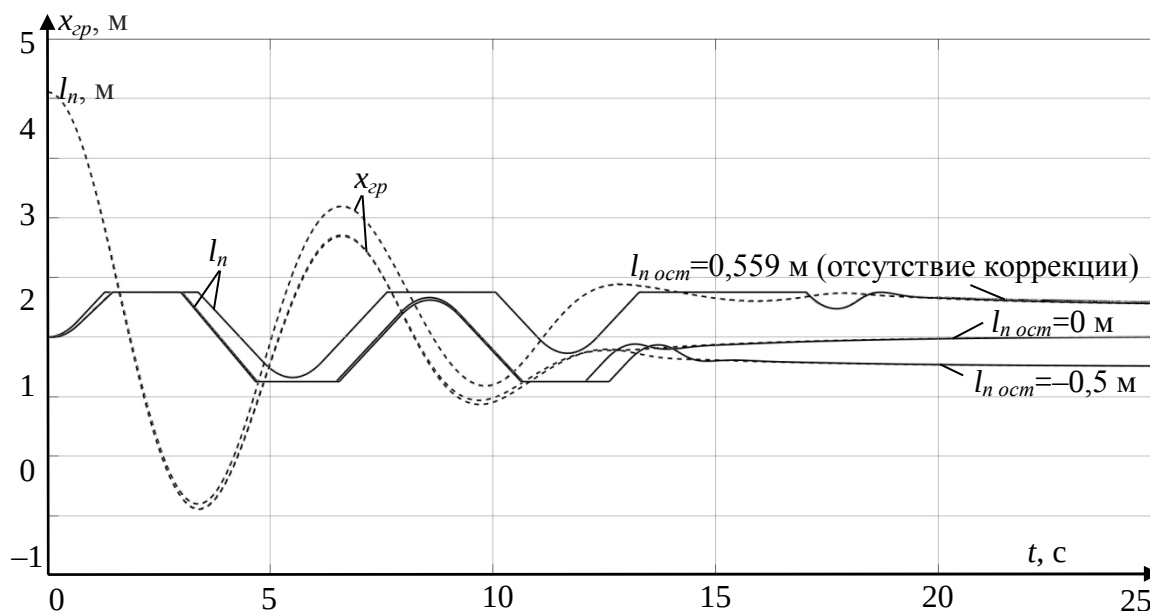


Рис. 4. Временные зависимости перемещений подвеса $l_n(t)$ и груза $x_{zp}(t)$ при гашении остаточных колебаний амплитудой $q_{\text{max}}=20$ град при длине грузового каната $l=12$ м: при отсутствии коррекции, при $l_{n\text{ осм}}=0$ м и при $l_{n\text{ осм}}=-0,5$ м (примеры)

Очевидной и достаточной простой аналитической зависимости между величинами $l_{n\text{ осм}}$ и $\Delta l_{\text{корр}}$ не наблюдается. В то же время было установлено, что подбором, т.е. оптимизацией значения $\Delta l_{\text{корр}}$, можно добиться требуемого значения остаточного смещения точки подвеса после завершения процесса гашения колебаний $l_{n\text{ осм}}$.

Использование усовершенствованной схемы. На рис. 4 приведены примеры временных зависимостей перемещений подвеса $l_n(t)$ и груза $x_{zp}(t)$ при гашении остаточных колебаний амплитудой $q_{\text{max}}=20$ град при длине грузового каната $l=12$ м: при отсутствии коррекции (гашение по схеме без усовершенствования), при $l_{n\text{ осм}}=0$ м и при $l_{n\text{ осм}}=-0,5$ м. При гашении колебаний по схеме без усовершенствования остаточное смещение на рис. 2 составило 0,559 м.

При гашении по усовершенствованной схеме фактическое остаточное смещение $(l_{n\text{ осм}})_{\text{факт}}$ приближается к требуемому $(l_{n\text{ осм}})_{\text{треб}}$, которое может быть назначено в пределах половины хода штока гидроцилиндра устройства гашения. Абсолютная погрешность не превышает 0,04 м для всех расчетных случаев (исследованных ранее сочетаний параметров длины подвеса l , начальной амплитуды остаточных колебаний

груза q_{max} , предельных ускорения скорости и хода штока гидроцилиндра $a_{n\text{ max}}$, $v_{n\text{ max}}$, $l_{n\text{ max}}$).

Оптимизация значения $\Delta l_{\text{корр}}$ выполнялась путем поиска значения аргумента неявно заданной нелинейной функции у одной переменной $\Delta l_{\text{корр}}$ (при фиксированных значениях всех прочих параметров), при котором значение функции у равно нулю.

Значение функции у в процессе численной оптимизации вычислялось по зависимости:

$$y = f(\Delta l_{\text{корр}}) = (l_{n\text{ осм}})_{\text{треб}} - (l_{n\text{ осм}})_{\text{факт}}. \quad (2)$$

Для оптимизации численными методами (поскольку целевая функция задана неявно) использовалась функция *fzero* языка программирования системы MATLAB, в которой применяются несколько известных численных методов поиска нуля функции: деление отрезка пополам, секущей и обратной квадратичной интерполяции [9, 10, 11, 12, 13, 14].

При своем выполнении функция *fzero* производит многократный (от нескольких десятков до нескольких сотен раз) запуск имитационной модели SimMechanics Second Generation и Simulink для гашения остаточных колебаний груза мостового крана с ПИД-регулятором по усовершенствованной схеме (рис. 5).

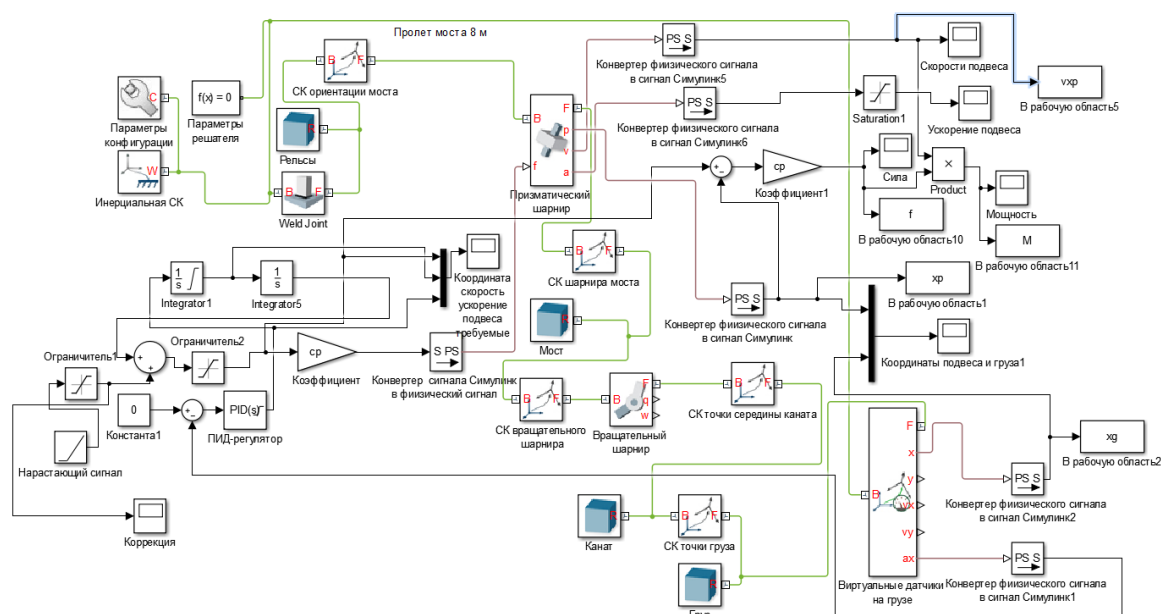


Рис. 5. Имитационная модель гашения остаточных колебаний груза мостового крана с ПИД-регулятором по усовершенствованной схеме в обозначениях SimMechanics Second Generation и Simulink

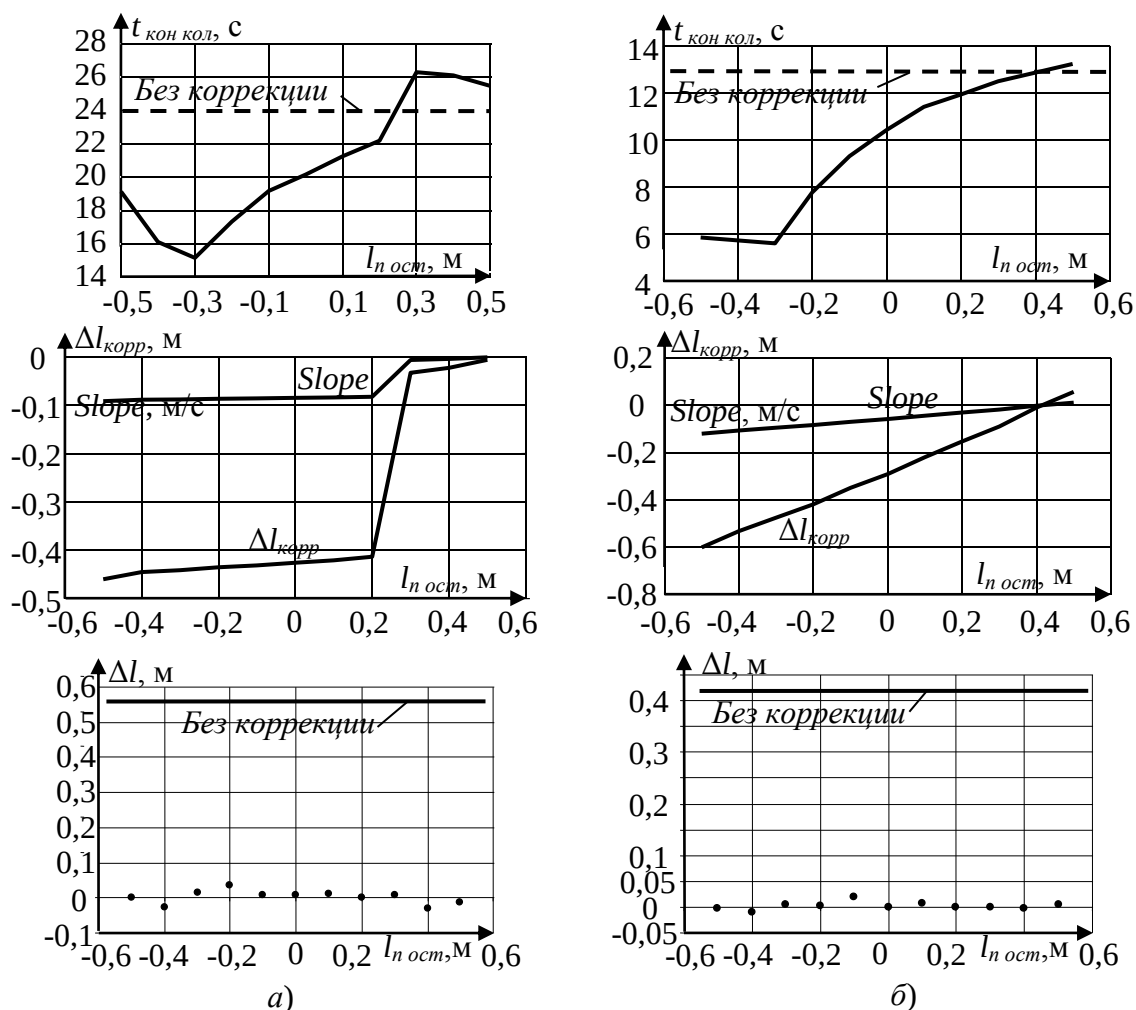


Рис. 6. Зависимости времени гашения остаточных колебаний $t_{\text{кон кол}}$, корректирующей поправки перемещений точки подвеса $\Delta l_{\text{корр}}$, скорости нарастания сигнала поправки Slope , абсолютной погрешности остаточного смещения подвеса и груза Δl от требуемого значения остаточного смещения $l_{n \text{ ост}}$: а) при $l=12\text{ м}$, $q_{\text{max}}=20\text{ град}$, $a_{n \text{ max}}=1,2\text{ м/с}^2$, $v_{n \text{ max}}=0,8\text{ м/с}$, $l_{n \text{ max}}=1,5\text{ м}$; б) при $l=4\text{ м}$, $q_{\text{max}}=20\text{ град}$, $a_{n \text{ max}}=1,2\text{ м/с}^2$, $v_{n \text{ max}}=0,8\text{ м/с}$, $l_{n \text{ max}}=1,5\text{ м}$ (примеры)

На рис. 6 приведены результаты оптимизации значений коррекции перемещения точки подвеса $\Delta l_{\text{корр}}$ при варьировании требуемой величины остаточного смещения груза и подвеса $l_{n \text{ ост}}$ в пределах $\Delta l_{\text{корр}} \in [-0,5; 0,5]$ м с шагом 0,1 м. В качестве примера приведены результаты для двух сочетаний параметров, характеризующих колебательную систему МК с гидроприводом и сам процесс колебаний: 1) $l=12$ м, $q_{\text{max}}=20$ град, $a_{n \text{ max}}=1,2$ м/с², $v_{n \text{ max}}=0,8$ м/с, $l_{n \text{ max}}=1,5$ м; 2) $l=4$ м, $q_{\text{max}}=20$ град, $a_{n \text{ max}}=1,2$ м/с², $v_{n \text{ max}}=0,8$ м/с, $l_{n \text{ max}}=1,5$ м.

То есть, во втором расчетном случае менялась только длина подвеса l с 12 до 4 м.

Выводы. Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- возможна коррекция остаточного смещения точки подвеса в пределах половины хода штока гидроцилиндра устройства гашения;

- время гашения колебаний при большинстве значений требуемого остаточного смещения точки подвеса уменьшается, хотя возможно и его незначительное увеличение (до 10 % по сравнению с отсутствием коррекции);

- время моделирования (вычислительного синтеза траектории движения точки подвеса) увеличивается на порядок по сравнению с отсутствием коррекции и составляет в среднем 3-5 минут для отдельного расчетного случая на ПК средней производительности (AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 5600+ 2.90 GHz);

- снижение времени гашения колебаний может достигать 55 % и более (см. рис. 6, б), т.е. время гашения для отдельных заданных смещений точки подвеса может быть уменьшено более чем в 2 раза;

- зависимости оптимальных значений параметров блоков непрерывно нарастающего сигнала и следующего за ним ограничителя от величины требуемого остаточного смещения точки подвеса имеют разрывы (см. рис. 6, а), поэтому их регрессия затруднена;

- усовершенствованный способ гашения обеспечивает смещение точки подвеса и груза в требуемое положение с максимальной абсолютной погрешностью не более 0,04 м, которая может считаться незначительной при перемещении грузов МК;

- возможно использование усовершенствованного способа гашения колебаний с доводкой точки подвеса путем составления и использования массива готовых решений для различных сочетаний параметров, изменяемых с достаточно малыми шагами: длины грузового каната, угла начальной амплитуды остаточных колебаний и требуемого остаточного смещения точки подвеса. При этом динамические параметры

гидропривода устройства гашения целесообразно зафиксировать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щедринов А.В., Сериков С.А., Колмыков В.В. Автоматическая система успокоения колебаний груза для мостового крана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 8. С. 1317.

2. Blackburn D., Singhose W., Kitchen J., Partrangenaru V., Lawrence J. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics // Journal of Vibration and Control. 2010. № 16. pp. 477–501.

2. Толочко О.И., Бажутин Д.В. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного движения мостового крана // Электромашиностроение и электрооборудование. 2010. № 75. С. 22–28.

4. Omar H.M. Control of gantry and tower cranes : PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 2003. 100 p.

5. Abdel-Rahman E.M., Nayfeh A.H., Masoud Z.N. Dynamics and control of cranes : a review. Journal of Vibration and Control. 2003. № 9. pp. 863–908.

6. Fang Y., Dixon W.E., Dawson D.M., Zergeroglu E. Nonlinear coupling control laws for an underactuated overhead crane system // IEEE/ASME Trans. Mechatronics, 2003. Vol. 8. № 3. pp. 418–423.

7. Пат. 146374 Российская Федерация, МПК В66С13/04. Мостовой кран / В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Вольф; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «СибАДИ». – № 2014120325/11, заявл. 20.05.14; опубл. 10.10.14, Бюл. № 28. – 2 с.

8. Пат. 2564560 Российская Федерация, МПК В66С 13/18. Способ повышения точности и скорости перемещения груза по требуемой траектории грузоподъемным краном мостового типа / В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Вольф; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «СибАДИ». – № 2014118376/11. заявл. 06.05.14; опубл. 10.10.15, Бюл. № 28. – 9 с.

9. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978. 512 с.

10. Мэтьюз Джон, Г., Численные методы. Использование MATLAB: пер. с англ. / Д. Финк, Куртис, Г. Джон, Мэтьюз. М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. 720 с.

11. Формалев В.Ф., Ревизников Д.Л.. Численные методы. М.: Физматлит, 2004. 400 с.

12. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. 552 с.

13. Гилл Ф. Численные методы условной оптимизации: пер. с англ. / Ф. Гилл, У. Мюррей. М.: Мир, 1977. 296 с.

14. Турчак Л.И. Основы численных методов: учеб. пособие. М.: Наука, 1987. 320 с.

Korytov M.S., Scherbakov V.S.

**IMPROVEMENT OF RESIDUAL VIBRATIONS SHIPPING SLAKED
BY REDUCING THE BIAS POINT UNCONTROLLED SUSPENSION**

Active way of suppression of residual vibrations of the pendulum load after stopping the bridge crane by moving the point of suspension of cargo by means of hydraulic cylinders can be improved by reducing the uncontrolled displacement of the suspension point and provide the required displacement of the suspension point in the process of extinction. To eliminate uncontrolled displacement of the point of suspension and at the same time provide the required displacement of the suspension point in the process of clearing the residual oscillation of the load, the circuit connections model the mechanical subsystem of the bridge crane c proportional-integral-differential regulator for suppressing the residual oscillation of the load has been added blocks serially connected power continuously rising signal and limiter. Examples of the time dependences of the suspension displacement and load in the quench residual oscillations in the absence of correction and improved scheme. Correction of the residual displacement of the suspension point can be within half a stroke damping rod cylinder device. The improved method provides a damping suspension displacement and load point to the desired position with a maximum absolute error of not more than 0,04 m, which can be considered negligible when moving cargo.

Key words: Bridge Crane, PID, velocity, displacement, load, vibration damping, drive.

Корытов Михаил Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии».

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5.

E-mail: kms142@mail.ru

Щербаков Виталий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов и электротехника».

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5.

E-mail: sherbakov_vs@sibadi.org

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/22092

Медведев Е.Ф., д-р техн. наук
Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
Минько Н.И., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА В ВОДНОЙ СРЕДЕ СИЛИКАТНЫХ И БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ

minjko_n_i@mail.ru

Изложены условия и особенности синтеза в водной среде многокомпонентных стеклообразующих силикатных и боросиликатных составов, содержащих РЗЭ, свинец, магний, кальций, алюминий и серебро. Отмечено, что в ходе сушки за счёт естественного испарения воды происходило фазовое разделение в форме капельной ликвации и кристаллизации. Приведены соответствующие фотографии.

Ключевые слова: нанотехнология, синтез, водная среда, РЗЭ, свинец, магний, кальций, алюминий, серебро, лимонная кислота, алюминон, ликвация, кристаллизация.

Химия неорганического стекла – динамично развивающаяся отрасль материаловедения, определяющая технический прогресс во многих областях науки и техники. Основное преимущество отрасли обусловлено широкой материальной базой: в технологии стекла применяются 83 из известных элементов, а число возможных комбинаций (составов) бесконечно. Стекло перспективно для интенсивно развивающейся водородной энергетики, в частности, управляемого термоядерного синтеза с применением мощных лазеров (ЛТС). Принципиально процесс состоит в синтезе ^3He из дейтерия D и трития T с выделением нейтрона и тепловой энергии. Одна из сложнейших задач ЛТС – устранение гидродинамической неустойчивости образующейся плазмы, что зависит от равномерности облучения, совершенства формы и состава мишени (стеклянной микросферы), наполненной газобразной смесью изотопов водорода. Если ответ на первый вопрос лежит в области физики, то решение последних задач – прерогатива материаловедения. Ключевой задачей современного материаловедения является применение нанотехнологий для синтеза химически однородных веществ.

Цель работы заключалась в разработке способов синтеза в водной среде химически однородных силикатных и боросиликатных композиций с РЗЭ, свинцом, магнием, кальцием, алюминием и серебром и изучении их деградации в ходе сушки.

Итак, для лазерно-физических исследований необходимы стеклянные микросферы диаметром порядка миллиметра и стенкой не толще десятых долей микрона, однородные по составу, содержащие элементы для диагностики нейтронного и рентгеновского излучения – редкоземельные элементы (РЗЭ) и свинец соответственно. Целесообразно применение магния, кальция и алюминия, в традиционной технологии они повышают механическую прочность и химическую стойкость стекла. Добавка серебра будет способствовать удержанию водорода в структуре стекла и замедлит его утечку из наполненных газом микросфер. Отметим, что непроницаемых для водорода стёкол не существует [1]. Очевидно, промышленные технологии не подходят для изготовления стеклянных микросфер.

В нанотехнологии стёкол перспективны синтез в водном растворе и золь-гель способы с использованием кремнийорганических компонентов [2,3], когда простое перемешивание позволяет гомогенизировать состав веществ на молекулярном уровне. Однако некоторые особенности исходных веществ существенно осложняют синтез в растворе.

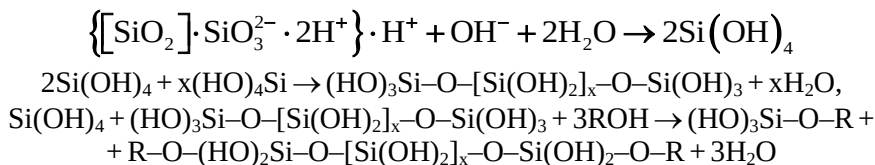
В отличие от органического геля, образующегося при полимеризации разветвлённых олигомеров, формирующих гигантский кластер (собственно гель), неорганический силикатный гель формируют растущие фрактальные агрегаты, образованные мицеллами:



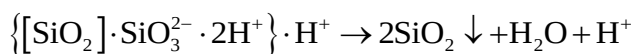
мицелла

Рост мицелл происходит, когда катионы H^+ внешней координационной сферы взаимодействуют с анионами OH^- , а катионы H^+ внутренней координационной сферы – со "свободными" анионами SiO_3^{2-} . Близко расположенные фракталы, объединяясь, образуют гель. Кислотность–

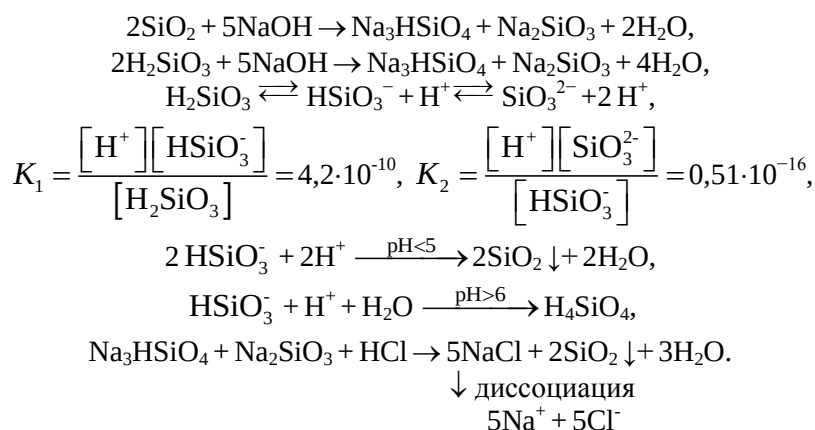
основность среды – критичный фактор для синтеза силикатов. В щелочной среде анионная часть мицеллы гидролизует до ортокремниевой кислоты $(Si(OH)_4 \equiv H_4SiO_4)$, затем происходит поликонденсация и синтез силикатов



В кислой среде мицеллы разрушаются с выделением осадка SiO_2 , и дальнейший синтез уже невозможен:



Схему фазообразования можно представить следующим образом:



Приведенные схемы объясняют устойчивость силикатов в щелочной среде и неустойчивость в кислой среде. Такие элементы как Mg, Al, Ca, Ag, Pb преимущественно растворяются в кислотах, но даже следовых количеств неорганических кислот достаточно, чтобы нарушить устойчивость силикатов и вызвать образование осадка SiO_2 .

В многокомпонентных составах, в том числе с несколькими стеклообразователями, высока вероятность фазового разделения и спонтанной кристаллизации. Это явление интересно гносеологически, но нежелательно для технологии микросфер. В то же время с учётом особенностей стеклообразного состояния можно предположить, что вследствие статистического распределения фрагментов фаз поликомпонентный состав будет способствовать упрочнению структуры стекла и снижению его пористости.

Вода – универсальный растворитель с гетерополярными ионно-ковалентными связями. Её молекулы входят в

координационные сферы реагентов, а диполи усиливают диссоциацию и реакционную способность веществ. Обладая аномально высокой теплоёмкостью, вода облегчает силикато- и стеклообразование. Ассоциируясь, её молекулы способствуют структурированию растворов и гелеобразованию. Валентный угол $\angle HOH$ $104,3^\circ$ близок к углу $109,5^\circ$ в тетраэдрах $[SiO_4]$, это способствует закреплению воды в структуре стекла [4, 5]. Однако вода не растворяет оксиды свинца и РЗЭ; карбонаты и гидроксиды $MgCO_3$, $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ слабо растворимы. Поэтому лучше использовать промежуточные формы, например, комплексные соединения.

В ходе предварительных экспериментов установлено, что в силикатной и боросиликатной средах могут растворяться цитраты РЗЭ, свинца и серебра. Лимонная кислота хорошо растворяется в воде и уникальна тем, что три её карбоксильные $COOH$ -группы

Таблица 1

Схема получения растворов основных и дополнительных компонентов стеклообразующего состава (типовые условия)

Эксперимент		Порядок действий	Объём раствора V , л		pH среды		Температура t , °C	Время τ , мин	Навеска m , г
Номер	Выполняемое действие		V_n	V_k	pH_n	pH_k			
1	Растворение NaOH	итв	—	0,1	5,5 ^в	12	50	10	7
2	Получение водной суспензии $SiO_2 \cdot nH_2O$	итв	—	0,1	5,5	5,5	25	10	4,6
3	Синтез NaSi	1→2	0,1	0,1 ^у	5,5 ^в	12	97	270	ир
4	Растворение лимонной кислоты в воде	итв	—	0,05	5,5 ^в	2	25	5	1,5
5	Получение водной суспензии PbO	итв	—	0,05	5,5 ^в	5,5 ^в	25	10	0,5
6	Синтез PbCA	4→5	0,05	0,1 ^у	5,5 ^в	3,5	25	140	ир
7	Синтез PbCANaSi	3→6	0,1	0,14	2	12	25	140	ир
8	Растворение H_3BO_3	итв	0,1	0,1	5,5 ^в	5,5	25	10	0,5
9	Растворение KOH	итв	—	0,05	5,5 ^в	12	25	10	1,3
10	Синтез бората калия	9→8	0,1	0,14	5,5	12	25	35	ир
11	Совместное растворение Li_2SO_4 и $(NH_2)_2CS$	итв	—	0,1	5,5 ^в	5,5	25	10	LiS 0,05 TU 0,24
12	Синтез NaBSi	3→8	0,1	0,14	5,5	12	25	90	ир
13	Синтез LiSTUNaSi	3→11	0,1	0,12	5,5	12	25	10	ир
14	Растворение алюминона	итв	0,05	0,05	5,5	5,5	25	5	0,1
15	Синтез $R_2O-PbO-B_2O_3-SiO_2-CA-TU-Alu$	10, 12, 13, 14→7	0,45	1	12	12	25	30	ир

Примечание. Индексы "н" – начальный pH, "к" – конечный pH, "в" – вода, "у" – после упаривания раствора; "итв" – использовано твёрдое вещество; "ир" – использован раствор; "→" – порядок добавления реагентов: перед знаком "→" – добавляемый реагент, после "→" – среда; NaSi, NaBSi, Na-BSi, PbCA, LiS, NaB, KB, CA, TU, Alu – силикат натрия, боросиликат натрия, продукт взаимодействия NaOH со смесью борной и кремниевой кислот (BSi), суспензия после взаимодействия PbO с лимонной кислотой $C_6H_8O_7$ (citric acid), сульфат лития Li_2SO_4 , борат натрия, борат калия, тиомочевина $(NH_2)_2CS$ и алюминон $C_{22}H_{11}O_9(NH_4)_3$ соответственно участвуют в реакциях с металлами, а гидроксильная OH-группа может обеспечить родство с щелочной кремнийсодержащей средой. РЗЭ, свинец и серебро комплексообразователи, поэтому в качестве комплексона была выбрана лимонная кислота.

Для синтеза использовались два вида мешалок, электроплита и дозатор. В основном перемешивание проводилось на магнитной мешалке; при образовании вязких суспензий применялась стеклянная пропеллерная мешалка с электроприводом, которая укреплялась на штативе над раствором. Для растворения кремниевой кислоты требовался длительный нагрев на электроплите до 97–100 °C и интенсивное перемешивание. Все процессы контролировались pH-метрически, для идентификации фазового состава применялась ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ и рентгенография, лазерный микрозондовый спектроскопический анализ.

Условия, последовательность получения растворов и компонентные составы приведены в табл. 1 и работах [6–11].

Получение натриевоборосиликатного раствора

При получении натриевоборосиликатного раствора необходимо строго соблюдать последовательность синтеза. Вначале растворялась кремниевая кислота, а оставшийся раствор гид-

роксида натрия использовался для получения боратного раствора. Затем оба раствора смешивались. При одновременном нахождении кислот в реакторе из-за конкурентного взаимодействия с гидроксидом натрия часть кремниевой кислоты оставалась в нерастворённом состоянии, для её растворения требовалось дополнительное количество щелочного раствора, но это изменяло условия синтеза и состав конечного продукта. Экспериментально определены пределы изменения силикатного модуля n_{Si} , выражавшего отношение концентраций оксидов кремния и натрия: $1 \leq n_{Si} \leq 3,4$, при силикатном модуле $n_{Si} > 3,4$ синтез в водной среде невозможен.

В ходе сушки растворов силиката натрия происходила ликвация (рис. 1 а), а затем кристаллизация. На синтез силикатов разной стехиометрии при модуле $n_{Si} \approx 3$ (рис. 1 б) указывали несимметричные пики в области ИК-спектров при 1250–750 cm^{-1} : высококремнезёмистых силикатов (полосы с максимумами при 1000–750 cm^{-1}) и высокощелочных (полосы с максимумами при 1250–1000 cm^{-1}). Рентгенофазовым методом определены моно- и дисиликат натрия, а

также Na_2CO_3 как продукт взаимодействия щелочного компонента с CO_2 воздуха. При одном и том же модуле образовались структурно разные силикаты натрия: на рис. 1 б светлая область обогащена, а тёмная обеднена SiO_2 . На поверхности обнаружены двухмерные дендриты (рис. 1 в) и редко встречающиеся в неорганической химии сферолиты, симметричные относительно своего центра (рис. 1 г, д), откуда происходило их развитие. При небольшом числе зародышей и высокой скорости кристаллизации в двух направлениях образовались лучи из связанных между собой упорядоченных и аморфных участков, создававшие характерную для радиальных сферолитов светотеневую картину. В органических веществах их формируют специфически

уложенные полимерные цепочки [12]. Дендриты и сферолиты на поверхности геля – разновидности двухмерного силиката натрия.

Кристаллизация в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ происходила иначе (рис. 1 е–к). Вначале на поверхности раствора образовались сростки кристаллов в виде игл длиной около 1 мм, на них как на каркасе формировались кристаллические пластины, послужившие основой для формирования трёхмерных кристаллов $\text{NaB}(\text{OH})_4$ в виде усечённых пирамид в результате послойного роста. В ходе сушки боросиликата $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ на его поверхности образовались дендриты в виде сростков полых трубок (рис. 1 л, м).

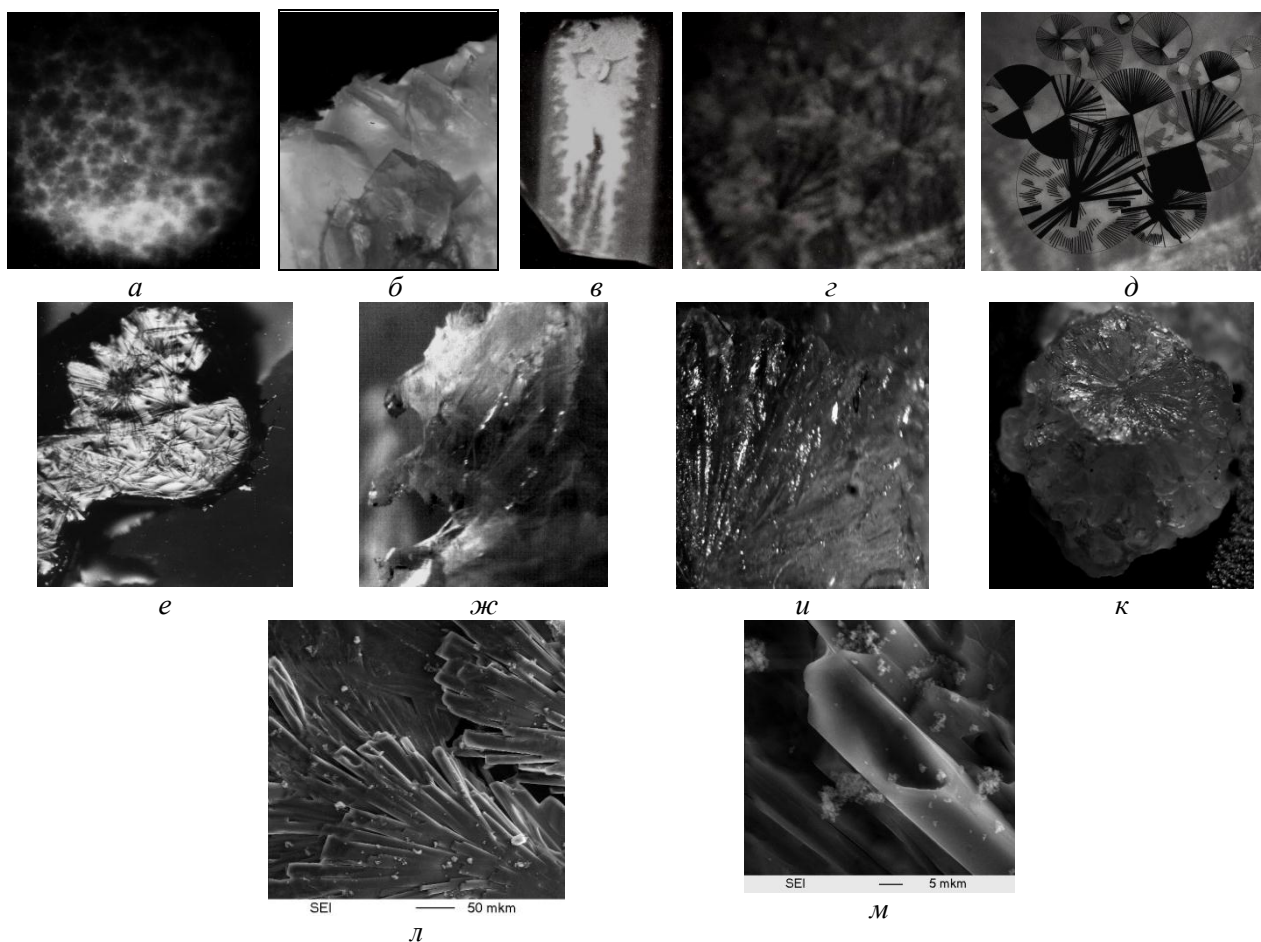


Рис. 1. Фазовое разделение в среде силиката натрия, бората натрия и боросиликата натрия¹: а – следы ликвации в силикате натрия, $\times 54$; б – формы кристаллов в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, $\times 54$; в – растущие по периметру дендриты силиката натрия, $\times 54$; г – сферолиты на поверхности натриевосиликатного геля, $\times 23$; г – тот же снимок после обработки; е – сростки игольчатых кристаллов бората натрия, $\times 23$; ж – игольчатые кристаллы бората натрия с наросшим основным монолитом, $\times 23$; и – кристаллическая пластина в начальной стадии роста монолита бората натрия, $\times 23$; к – кристалл-монолит бората натрия; л – общий вид дендрита на поверхности ксерогеля боросиликата натрия; м – фрагмент дендрита (трубка) для формирования трёхмерных кристаллов $\text{NaB}(\text{OH})_4$ в виде усечённых пирамид в результате послойного роста. В ходе сушки боросиликата $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ на его поверхности образовались дендриты в виде сростков полых трубок (рис. 1 л, м).

¹ Здесь и далее приведены фотографии, полученные Е. Ф. Медведевым при технической помощи Ю. Ф. Мешалкина; А. А. Аушевым, В. И. Пуховой и А. Ф. Ковыловым (РФЯЦ-ВНИИЭФ).

² Борат натрия идентифицирован в лаборатории рентгеноструктурных исследований ИХС им. И. В. Гребенщикова РАН (г. Санкт-Петербург) И. Г. Поляковой, А. Е. Лапшиным и Ю. Ф. Шепелевым.

Таким образом, при взаимодействии в водной среде кремниевой и борной кислот с гидроксидом натрия высока вероятность синтеза ряда веществ, отличавшихся по компонентному, фазовому составу и механизму образования.

Получение раствора силиката натрия с магнием и кальцием

Для синтеза применялись мелкодисперсные порошки $Mg(OH)_2$ и $CaCO_3$. Отдельно получались водные суспензии $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$, растворы силиката натрия и лимонной кислоты $C_6H_8O_7$. Раствор кислоты при нагревании дозатором добавлялся к суспензиям до получения прозрачных бесцветных растворов. Из кальций-содержавшего раствора при нагревании удалялся газ, это указывало на образование цитрата и

CO_2 . После смешивания растворов с силикатом натрия прозрачность сохранялась 15–20 минут. Затем наблюдалась опалесценция. Через 1–2 часа образовался гель.

Рентгеновские микрофотографии геля (рис. 2) свидетельствовали о сложном фазовом составе верхнего слоя и внутренней части вещества системы $Na_2O-MgO-CaO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-C_6H_8O_7-H_2O$. Сверху, на границе фаз "вещество–воздух", образовались пластинчатые кристаллы и сrostки, внутри обнаружены сrostки тонких игл и кристаллы в форме узких полос типа штапеля (рис. 2 а – в). Вещество в основном крупнозернистое, структура которого напоминала структуру ксерогеля системы $Na_2O-CaO-SiO_2$ (рис. 2 г).

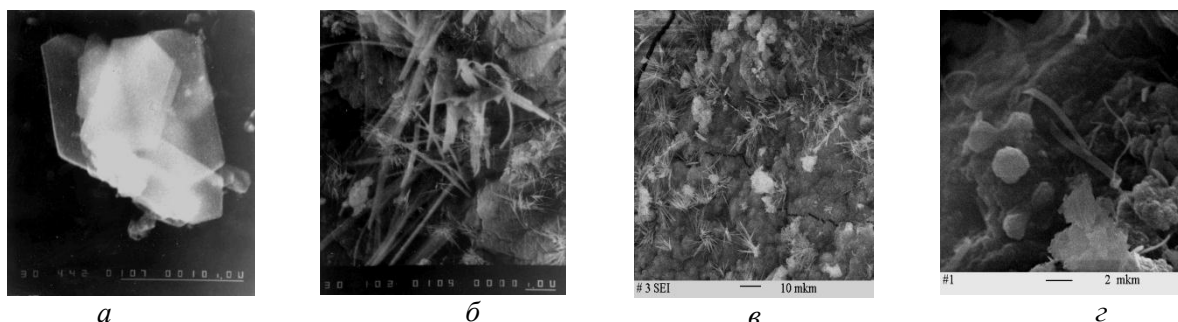


Рис. 2. Рентгеновские микрофотографии ксерогелей $Na_2O-MgO-CaO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-C_6H_8O_7-H_2O$ (а–в) и $Na_2O-CaO-SiO_2$ (г): сrostки кристаллов а – пластинчатые, $\times 4400$; б – игольчатые ($\times 1000$); в, г – разные формы кристаллов внутри ксерогелей (фотографии получены в режиме псевдообъёмного изображения поверхностных слоёв SEI)

Получение раствора вещества системы $\Sigma R_2O-RO-PbO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-C_6H_8O_7-C_{22}H_{11}O_9(NH_4)_3-H_2O$ ($R_2=Li, Na, K$; $R=Mg, Ca$)

В отдельности были получены основной, промежуточные растворы и раствор алюминона $C_{22}H_{11}O_9(NH_4)_3$ (дополнительный комплексон). В лимонной кислоте отдельно растворялись $Mg(OH)_2$ и $CaCO_3$. Полученные растворы компонентов смешивались в одном реакционном сосуде. После добавления алюминона произошло окрашивание в интенсивный малиновый цвет. Итоговый раствор являлся суммой механически перемешанных десяти промежуточных растворов. Во время сушки происходило локальное пересыщение раствора и фазовое разделение в форме ликвации и кристаллизации (рис. 3).

Получение раствора силиката натрия с алюминием

Для синтеза (табл. 1) использовались алюминон $C_{22}H_{11}O_9(NH_4)_3$ – индикатор для обнаружения ионов Al^{3+} ; и трихлорид $AlCl_3$, мелкодисперсное кристаллическое вещество. В воде растворялись $AlCl_3$ и отдельно при нагревании алюминон. После добавления алюминона к раствору $AlCl_3$ наблюдалась характерная малино-

во-красная окраска. Качественной реакцией с $AgNO_3$ обнаружено присутствие ионов Cl^- . После добавления нескольких капель 10-ти процентного раствора аммиака раствор алюминия смешивался с раствором силиката натрия. Силикатный раствор окрасился в розовый цвет, который усиливался постепенно (признак комплексобразования) без нарушения прозрачности. Со временем образовался опалесцирующий гель.

Получение раствора силиката натрия с серебром

Оксид Ag_2O в воде не растворяется. Поэтому вначале получалась водная суспензия, в неё при перемешивании дозатором добавлялась лимонная кислота (табл. 1) до получения прозрачного бесцветного раствора. После смешивания с раствором силиката натрия итоговый раствор окрасился в жёлтый постепенно усиливавшийся цвет. Спустя сутки он стал коричневым, через несколько дней – тёмно-коричневым, прозрачность сохранилась. По мере испарения воды наблюдалась опалесценция (признак гелеобразования). Через 6 недель от начала синтеза гель утратил текучесть и уменьшился в объёме вдвое. Через 7 недель появились трещины; на 8-й неделе гель

отделился от стенок ёмкости. Сушка завершилась через 9 недель. На поверхности непрозрачного тёмно-коричневого геля отмечалась структура "капли в матрице".

Потемнение обусловлено содержанием фотохромного серебра, так как сушка проводилась при естественном освещении.

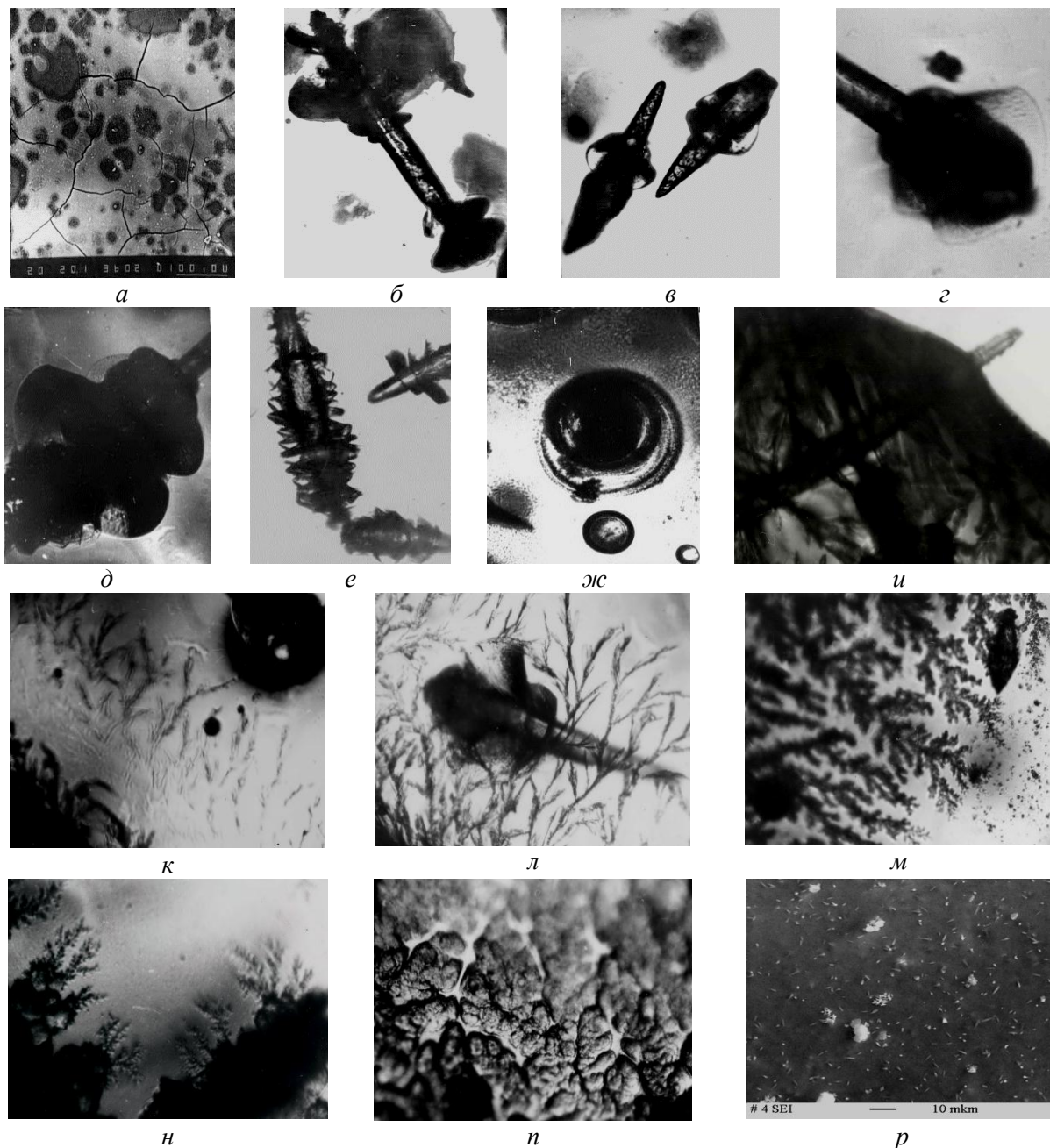


Рис. 3. Фазы в шихте, содержащей свинец: *а* – ликвация, $\times 200$; кристаллы игольчатой формы с теневыми картинками потоков *б*, *в* – внешний вид, $\times 23$; *г-е* – фрагменты, *ж* – кристалл, расположенный перпендикулярно поверхности геля, $\times 23$; *и* – кристалл, частично находящийся в геле и над его поверхностью, $\times 54$; рост дендритов (*к-п*, $\times 23$) на поверхности геля, *к* – зарождение на границе "подложка-гель-воздух", *л* – растущие ветви, *м* – центры дендритообразования внизу справа на свободном поле, *н* – развитие новых ветвей на сформировавшихся дендритах, *п* – завершение роста дендритов; *р* – игольчатые микрокристаллы расположены перпендикулярно поверхности геля

Рентгеновским методом установлено фазовое разделение в форме капельной ликвации (рис. 4). На фотографиях видны "кратеры" – капли, ограниченные выступавшими валиками (рис. 4 *а-в*). Впоследствии из их сформировались

цилиндрические образования, высота которых много меньше диаметра (рис. 4 *г, д*), состоявшие из доменов (рис. 4 *е*). По элементному составу фазы на поверхности и внутри вещества ничем не отличались.

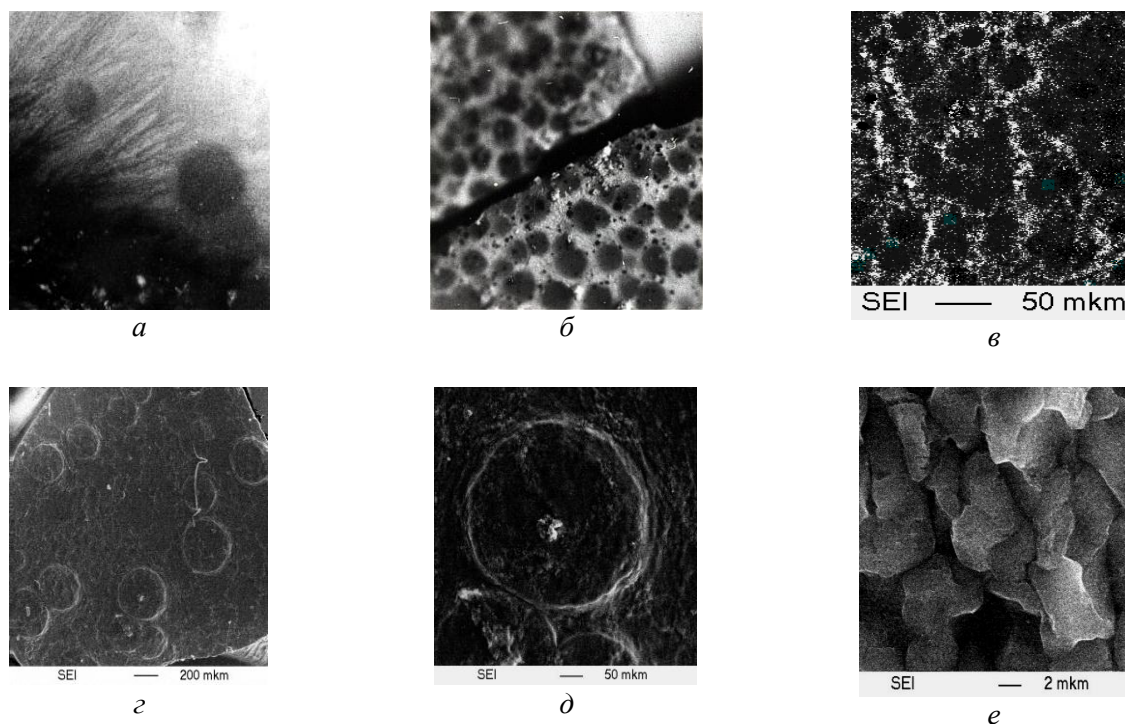


Рис. 4. Структура геля системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{Ag}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7-\text{H}_{22}\text{C}_{22}\text{N}_3\text{O}_9-\text{H}_2\text{O}$:
 а, б – сферические образования на изломе и поверхности геля соответственно ($\times 2$); в–д – панорама
 капель-"кратеров" и выступающих "цилиндров" соответственно; е – фрагмент поверхности "цилиндра"
 (домены)

Получение раствора вещества системы

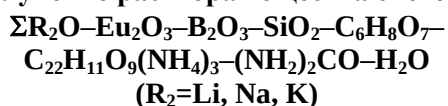


Схема получения раствора $\Sigma\text{R}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_8\text{C}_6\text{O}_7-\text{H}_2\text{O}$ приведена в табл. 1. Сначала при нагревании в воде растворялась лимонная кислота (рН 2). В горячий раствор при перемешивании в несколько приёмов добавлялся порошок оксида Eu_2O_3 до полного растворения, затем – алюминон, растворы силиката натрия, борной кислоты и карбамида. Итоговый прозрачный малинового цвета раствор (рН 12) после разбавления водой до плотности 1,1–1,2 г/мл использовался для изготовления микросфер по методу капель. Для получения фритты раствор, не разбавляя, нагревался в муфельной печи до 80°C до получения пены. После растирания пены получившийся порошок рассеивался на фракции. Из порошка при 1200°C было сварено прозрачное стекло с большим количеством мелких пузырей. Это указывало на газонасыщенность синтетической шихты, что благоприятно для изготовления полых микроизделий. В контрольных опытах после быстрого замораживания жидким азотом растворы с $C_{\text{Eu}_2\text{O}_3} \geq 5$ мас. %.

хранились ~ 3 месяца в морозильной камере при -15°C , затем размораживались при $+20^\circ\text{C}$ и использовались для изготовления микросфер по методу капель. Таким образом, для сохранения

гомогенности и выработочных свойств натриево-силикатных водных растворов возможно замораживание.

На рис. 5 а показан фрагмент поверхности стеклянной микросферы 50×50 мкм, снятый в рентгеновском характеристическом спектре европия, светлые точки – кластеры, состоявшие из нескольких атомов металла. Методом рентгеновского микроанализа³ в шести точках через каждые 60° по экватору сфер при диаметре анализируемой области 10 мкм и толщине слоя стекла 1 мкм установлено, что неоднородность распределения европия не превышала 13 %. Ошибка измерений вызвана сферичностью объектов, так как для стандартного анализа требуется плоская форма.

Распределение основных и дополнительных элементов в шихтах и стеклах с Eu^{4+} идентичны (рис. 5 б), т. е. при термообработке шихт потеря элементов не произошло.

³ Фотография в рентгеновском характеристическом спектре европия получена в Уральском политехническом университете, предоставлена В. И. Изгородиным (РФЯЦ-ВНИИЭФ). Масс-спектрометрический анализ выполнили А. А. Дружинин и В. Л. Суматохин (РФЯЦ-ВНИИЭФ).

⁴ Образцы стекол получены Е. Ф. Медведевым и Е. П. Головиным (Владимирский государственный университет) при 1350°C .

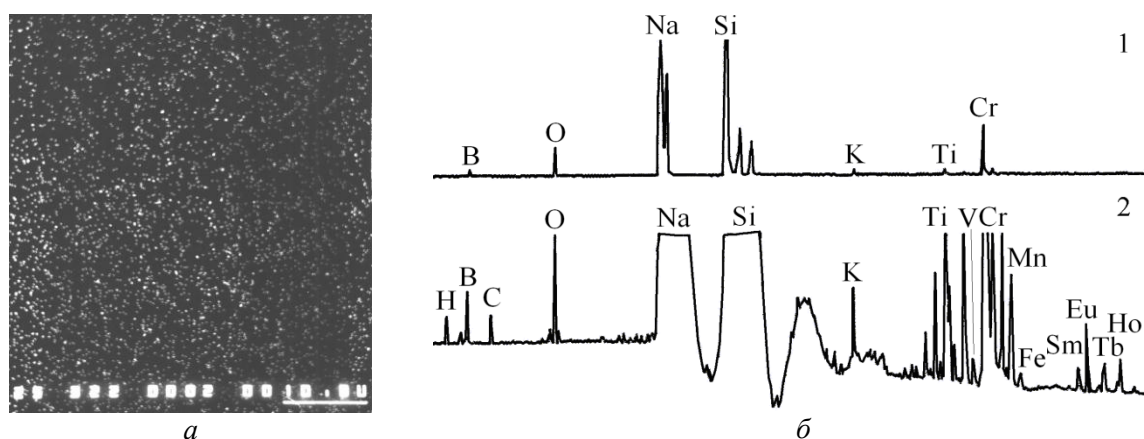
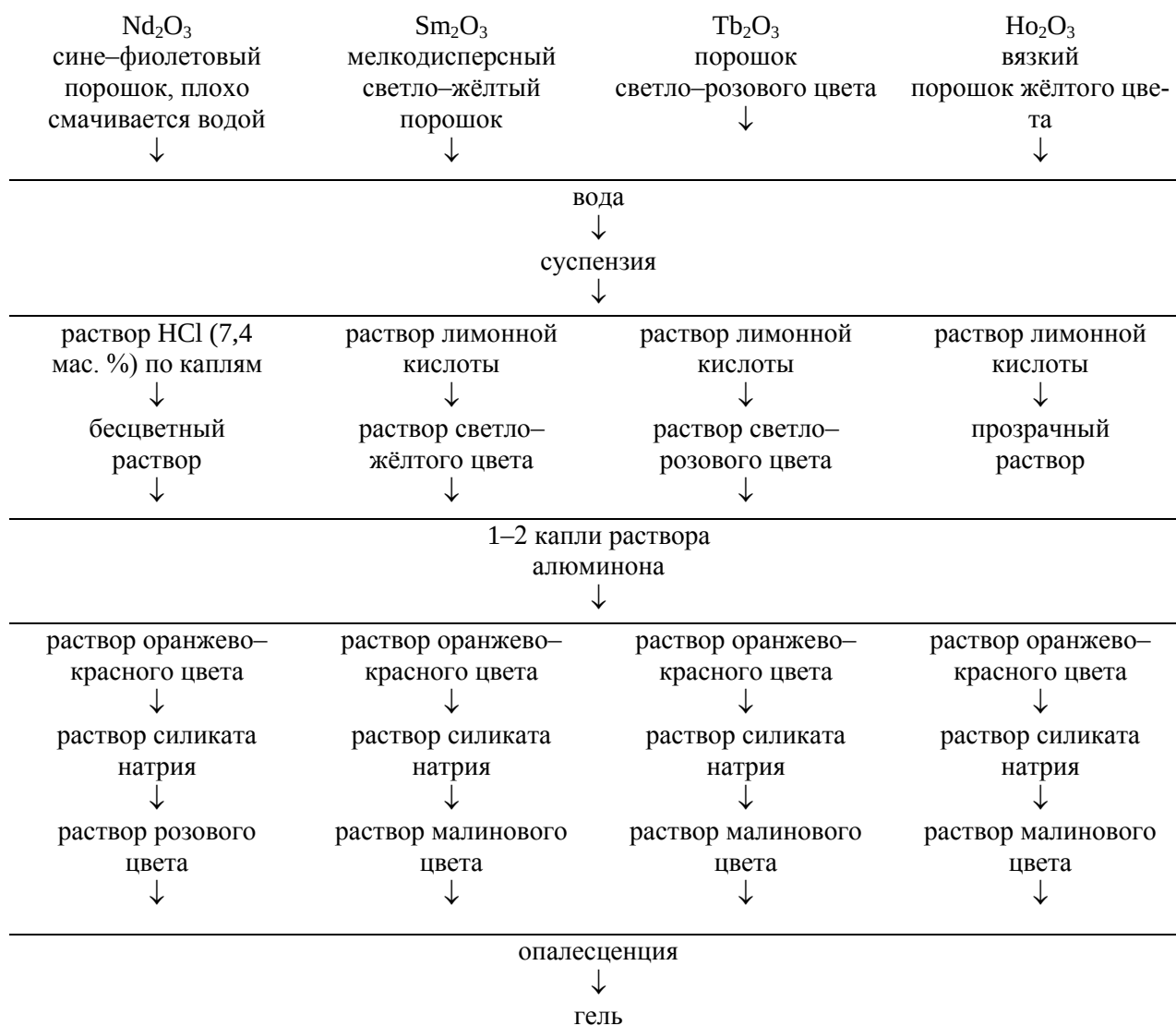


Рис. 5. Фрагмент поверхности стеклянной микросферы с европием: *a* – кластеры европия в стеклянной матрице, $\times 3200$; *б* – масс-спектры (лазерный микрозондовый спектроскопический анализ стекла), 1 – спектр основных элементов; 2 – развёрнутый спектр

Схемы получения водных силикатных растворов с РЗЭ



При добавлении алюмината вероятно фазовое разделение типа "масло в воде". Для дробления капель целесообразно использовать аммиак. В случае избытка аммиака растворы

необходимо осторожно нагреть. При использовании концентрированных растворов (первая схема с Nd_2O_3) быстро происходили гелеобразование и смена цветов в следующей

последовательности: лиловый – оранжевый – интенсивно – розовый – оранжевый.

Разработанные составы защищены патентами Российской Федерации (табл. 2).

Выводы

Используя принципы нанотехнологии, осуществлены синтезы шихт в водной среде, отличавшиеся тем, что все компоненты растворялись отдельно, затем смешивались. Для растворения кремниевой и борной кислот применялся раствор NaOH, вначале растворялась кремниевая кислота, и только после этого борная.

Дополнительные компоненты использовались в форме комплексных соединений. В случае Mg, Ca, Ag, Pb, Sm, Eu, Ho, Tb применялись

лимонная кислота и алюминон; для получения силикатного раствора с алюминием – его трихлорид, алюминон и аммиак; для растворения Nd_2O_3 – соляная кислота и алюминон.

Экспериментально определены пределы изменения силикатного модуля $1 \leq n_{\text{Si}} \leq 3,4$.

Для продолжительного сохранения гомогенности растворов на основе силиката натрия целесообразно использовать замораживание.

Получены фотографии ликвационных процессов и кристаллизации в ходе сушки растворов, свидетельствовавших о сложном фазовом составе синтезированных веществ.

Таблица 2

Стеклообразующие композиции для изготовления микросфер

Компонент	Содержание компонента, мас. %			
	2033978 [5]*	2036171 [6]*	2036856 [7]*	2205802 [8]*
H_3BO_3	7,46–7,82	8,21–8,31	7,64–7,82	5,56–7,44
NaOH	25,43–26,59	27,60–27,72	26,46–26,72	13,60–15,52
KOH	10,01–10,36	11,01–11,14	10,25–10,48	0,06–0,15
Li_2SO_4	нет	0,07–0,70	нет	нет
Li_2CO_3	0,25–0,74	нет	0,22–0,74	нет
Eu_2O_3	0,70–4,00	нет	0,70–4,00	нет
PbO	нет	нет	нет	6,65–6,82
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	3,90–22,30	нет	3,90–22,30	20,50–22,90
$\text{C}_{22}\text{H}_{11}\text{O}_9(\text{NH}_4)_3$	0,60–3,50	нет	нет	0,10–0,24
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	1,00–2,90	нет	1,00–3,00	нет
CaCO_3	нет	нет	нет	5,94–6,06
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	нет	нет	нет	1,17–1,45
$\text{Al}(\text{OH})_3$	нет	нет	нет	0,02–0,05
H_2SiO_3	остальное	остальное	остальное	остальное

Примечание. * – указаны номера патентов; "нет" – отсутствие вещества в составе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медведев Е. Ф. Теоретические основы технологии микросферных стёкол. Саров: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2014. 196 с.
2. Шабанова Н. А., Саркисов П. Д. Основы золь–гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. 208 с.
3. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанообъектов. Москва: Изд. Флинта: Наука, 2009.- 168с.
4. Нараев В. Н. Влияние "воды" на физико-химические свойства стекол // Физика и химия стекла. 2004. Т. 30, № 5. С. 449–530
5. Эйтель В. Физическая химия силикатов / Пер. с англ. А. А. Леонтьевой, И. А. Островского, Я. М. Коца, Н. И. Овсянниковой и Г. П. Орловой; под ред. Н. Н. Курцевой, А. А. Майера и

К. М. Феодотьева. М.: ИИЛ, 1962. 1056 с. // Eitel W. The Physical Chemistry of the Silicates. Chicago: The University of Chicago Press, 1954

6. Пат. 2033978 Российская Федерация, МКИ 6 С 03 В 8/02. Раствор для изготовления полых стеклянных микросфер / Медведев Е. Ф., Илющечкин Б. Н. – № 5054567/33; Заявлено 14.07.92; Опубл. 30.04.95, Бюл. № 12. 4 с.

7. Пат. 2036171 Российская Федерация, МКИ 6 С 03 В 8/02. Раствор для изготовления полых стеклянных микросфер / Медведев Е. Ф., Илющечкин Б. Н. – № 5050105/33; Заявлено 14.07.92; Опубл. 27.05.95, Бюл. № 15. 4 с.

8. Пат. 2036856 Российская Федерация, МКИ 6 С 03 В 8/02. Раствор для изготовления полых стеклянных микросфер / Медведев Е. Ф., Илющечкин Б. Н. – № 5051238/33; Заявлено 03.07.92; Опубл. 09.06.95, Бюл. № 16. 5 с.

9. Пат. 2205802 Российская Федерация, МПК 7 С 03 В 8/02. Раствор для изготовления стеклянных микросфер / Медведев Е. Ф. – Заявлено 19.04.01; Оpubл. 10.06.03, Бюл. № 16. 6 с.

10. Пат. 2235693 Российская Федерация, МКИ 7 С 03 В 19/10, 8/02. Способ получения стеклянных микросфер с регулируемыми свойствами из синтетических шихт / Медведев Е. Ф. – № 2001127421; Заявлено 08.10.01; Оpubл. 10.09.04, Бюл. № 25. 7 с.

11. Пат. 2393999 Российская Федерация, МПК С 03 С 1/02. Способ синтеза компонентов стеклообразующей шихты на основе натриево-силикатной системы / Медведев Е. Ф. – № 2008149410; Заявлено 15.12.08; Оpubл. 10.07.10, Бюл. № 19. 9 с.

12. Тугов И. И., Кострыкина Г. И. Химия и физика полимеров. М.: Химия, 1989. 432 с.

Medvedev E.F., Minjko N.I.

FEATURES OF SYNTHESIS IN AN AQUEOUS ENVIRONMENT, SILICATE AND BOROSILICATE GLASS MATERIALS

Conditions and special features of synthesis in the aqueous medium of multicomponent glass-forming silicate and borosilicate compositions containing rare-earth elements, lead, magnesium, calcium, aluminium and silver were presented. It was noted that phase separation in the form of droplet liquation and crystallization took place through water natural evaporation. The corresponding still pictures are demonstrated.

Key words. *Nanotechnology, synthesis, aqueous medium, rare-earth elements, lead, magnesium, calcium, aluminium, silver, aurintricarboxylic acid ammonium salt, liquation, crystallization.*

Медведев Евгений Фёдорович, доктор технических наук

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

Адрес: 607188, г. Саров. Нижегородская область, пр-т Мира, 37.

E-mail: mef58@yandex.ru

Минько Нина Ивановна, доктор технических наук, профессор.

Белгородский государственный технологический университет

Адрес: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: minjko_n_i@mail.ru

Черкашина Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Павленко З.В., канд. техн. наук, доц.,
Демченко О.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОЗДАНИЕ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ДРОБИ ГИДРИДА ТИТАНА

natalipv13@mail.ru

На сегодняшний день наиболее универсальным и перспективным методом получения всего спектра покрытий (от традиционных металлических до многофазных нанокомпозитных покрытий) признается метод магнетронного распыления. Метод позволяет синтезировать полный спектр металлических (Al, Ag, Au, Ti, Si и т.д.), керамических (TiN, ZrN, TiC, TiO₂, Al₂O₃, SiO₂), нанокомпозитных покрытий. В данной работе рассмотрена возможность нанесения защитного покрытия на поверхность дроби гидрида титана методом магнетронного распыления. Гидрид титана представляет собой важный промышленный продукт, имеющий многочисленные области использования. В работе установлена возможность создания металлической алюминиевой пленки на поверхности дроби гидрида титана методом магнетронного напыления. В результате проведенных исследований образца исходной дроби гидрида титана и дроби модифицированной алюминием были получены микрофотографии его поверхности с различным увеличением. Анализ микрофотографий поверхности дроби гидрида титана модифицированной алюминием показал, что микроструктура его поверхности более шероховатая, чем у образца дроби гидрида титана без металлизированного напыления. Поверхность имеет зернистую структуру с размерами зерен 25-50 нм. Дальнейшие исследования необходимо направить на исследования нанесения различных металлических покрытий на поверхность дроби гидрида титана, обладающих более высокой, чем алюминий, температурой плавления, например вольфрама.

Ключевые слова: магнетронное напыление, гидрид титана, микрофотографии поверхности, металлическое покрытие, микронапряжения поверхности.

Введение. На сегодняшний день наиболее универсальным и перспективным методом получения всего спектра покрытий (от традиционных металлических до многофазных нанокомпозитных покрытий) признается метод магнетронного распыления [1–2]. В данном методе удачно сочетаются технологические факторы, способствующие получению плотных микро- и нанокристаллических структур, которые обеспечивают экстраординарные свойства покрытий. При этом появляется возможность нанесения покрытий на термочувствительные материалы при низких температурах. Метод позволяет синтезировать полный спектр металлических (Al, Ag, Au, Ti, Si и т.д.), керамических (TiN, ZrN, TiC, TiO₂, Al₂O₃, SiO₂), нанокомпозитных покрытий [3–4].

В процессе магнетронного распыления многие основные параметры процесса оказывают существенное влияние на размер зерен покрытий, включая температуру подложки, плотность ионного тока, напряжение смещения, парциальное давление реактивного газа. В отличие от техники усиленного плазмой химического осаждения из паровой фазы и дугового испарения реактивное магнетронное распыление является гораздо более гибкой и низкотемпературной

технологией: оно может быть легко воспроизведено в увеличенном масштабе для промышленного применения. Совместное распыление мишеней различных металлических материалов допускает независимое регулирование каждого источника атомов определенного сорта, посредством изменения удельной мощности разряда, гарантируя, таким образом, тонкую настройку химической стехиометрии результирующего соединения. Преимущества метода магнетронного распыления могут быть суммированы в следующих пунктах [5–7]:

1) полное отсутствие микрокапель (микрочастиц) в генерируемой плазме и, соответственно, в структуре покрытия;

2) высокая, сравнимая с дуговым методом, скорость нанесения покрытий;

3) высокая степень ионизации плазмы, обеспечивающая требуемый уровень ионной бомбардировки для получения высокой поверхностной мобильности осаждаемых атомов, что необходимо для осуществления фазовой наносегрегации;

4) возможность синтеза нанокомпозитных структур при относительно низких температурах (200 – 300 °C), по сравнению с дуговым методом (более 500 °C) и PECVD (500 – 600 °C);

5) относительная простота масштабирования метода от лабораторных условий до промышленного применения;

6) высокая степень контроля и возможность тонкой настройки параметров магнетронного разряда и, соответственно, состава и структуры покрытия.

В данной работе рассмотрена возможность нанесения защитного покрытия на поверхность дробы гидроксида титана методом магнетронного распыления. Гидрид титана представляет собой важный промышленный продукт, имеющий многочисленные области использования, основными из которых являются: ядерная энергетика, как исходный продукт для получения высокочистого порошка титана; в качестве источника

водорода в двигателях внутреннего сгорания; в качестве поглотителя влаги; как добавка в термитных и воспламенительных составах и т.д. [8–12]. Необходимость создания защитной пленки на поверхности дробы гидроксида титана обусловлено необходимостью увеличить его низкую термостабильность для использования в атомной промышленности в качестве наполнителя для радиационно-защитных композитов [13–15].

Методология. В работе проводилось напыление металлического алюминия на поверхность дробы гидроксида титана. Напыление покрытия проводилось в вакуумной установке QUADRA 500, оснащенной несбалансированной магнетронной распылительной системой. На рис. 1 показана схема нанесения покрытий.

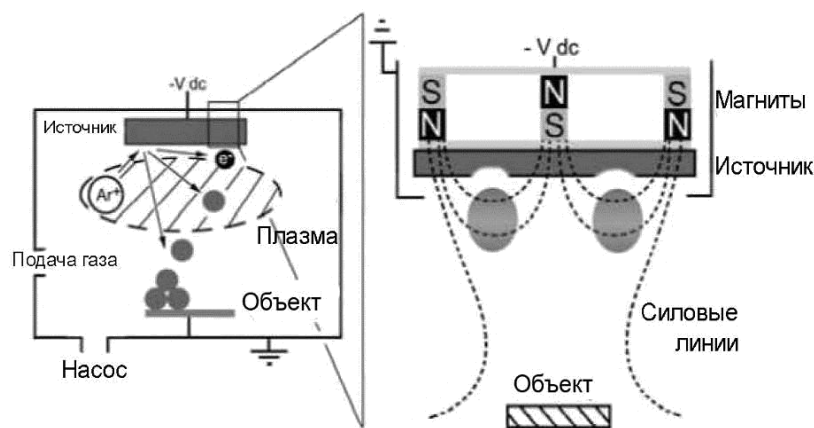


Рис. 1. Схема процесса нанесения покрытий методом магнетронного распыления (слева); схема несбалансированного магнетрона (справа)

В установке реализован один из наиболее эффективных на сегодняшний день методов нанесения металлических или реактивных покрытий. В центре вакуумной камеры расположен планетарный механизм, а по ее периметру установлены магнетронные источники плазмы.

На магнетрон устанавливалась мишень, изготовленная из алюминия. В вакуумную камеру на предметный стол помещаются образцы подложек из предметного стекла. Камера с образцами откачивается до остаточного давления газов $9 \cdot 10^{-3}$ Па. Для предварительной очистки и активации поверхности подложек камера оснащается ионным источником и нагревательным элементом. При равномерном нагреве вращающихся деталей происходит испарение воды и углеводородных соединений и увеличение подвижности поверхностных атомов и молекул. Для очистки поверхности от оксидной пленки и других относительно термостабильных загрязнений проводится ее обработка выходящим из ионного источника пучком ионов с энергией 1–1,5 кэВ.

С помощью устройств автоматического газонапуска, имеющего обратную связь с прибором контроля вакуума, в камеру подается рабочий газ – аргон до давления $6 \cdot 10^{-2}$ Па. Включается вращение предметного стола, ионный источник выводится в режим травления: ускоряющее напряжение 2200 В, ток 110 мА и проводится ионная очистка поверхности подложки в течение 10 мин.

Принцип действия ионного источника заключается в отборе ионов аргона из плазменного разряда, возбуждаемого между анодом и катодом в скрещенных электрическом и магнитном полях. Поток ионов аргона направляется на обрабатываемые изделия и бомбардирует их поверхность, очищая от загрязнений. С поверхности изделия (подложки) удаляются микрзагрязнения, препятствующие образованию прочных связей поверхностных атомов подложки с осаждаемыми атомами покрытия. Причем предварительная обработка поверхности в вакууме значительно улучшает адгезию защитной пленки.

После окончания этого процесса с помощью устройств дозирующего газонапуска устанавливается постоянное натекание реакционных газов – азота с относительным парциальным давлением 0,22 Па. Включается магнетрон с параметрами работы – 500 В и 6 А. Расстояние от подложек до магнетрона было одинаковое 70 мм, время напыления составило 30 мин, частота вращения предметного стола составляло 20 Гц.

Операцию остывания проводили в две стадии: первая – на протоке аргона и вторая – на базовом вакууме. При остывании в вакууме уменьшается влияние негативных факторов – покрытие проходит частичную релаксацию (переходит в равновесное состояние), температура поверхности изделий с покрытиями уменьшается. После завершения операции остывания автоматически производится напуск в вакуумную камеру атмосферного воздуха и выгрузка компрессоров из вакуумной камеры.

Анализ микроструктуры полученного алюминиевого покрытия проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU в Центре высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

Основная часть. В ходе проведенных исследований образца дробы гидроксида титана были получены микрофотографии его поверхности с различным увеличением. На рис. 2 представлены микрофотографии образца дробы гидроксида титана без защитного металлизированного покрытия.

В результате проведенных исследований образца дробы гидроксида титана модифицированной алюминием были получены микрофотографии его поверхности с различным увеличением. На рис. 3 представлены микрофотографии образца дробы гидроксида титана с защитным металлизированным покрытием в виде алюминия.

Анализ микрофотографий поверхности дробы гидроксида титана (рис. 2) показал, что микроструктура его поверхность ровная, гладкая, также анализ микроструктуры поверхности материала показал наличие небольшой пористости, неровностей, преимущественно впадин, а также неглубоких продольных трещин. Наличие у дробы гидроксида титана оксидной пленки препятствует свободному высвобождению водорода, а также немного заполняет микротрещины на поверхности.

Трещины на поверхности объясняются напряжениями, вызванными из-за различных удельных объемов титана и гидроксида. При термообработке поверхности дробы гидроксида титана микротрещины будут увеличиваться и через них будет происходить активное выделения водорода.

Анализ микрофотографий поверхности дробы гидроксида титана модифицированной алюминием показал, что микроструктура его поверхности более шероховатая, чем у образца дробы гидроксида титана без металлизированного напыления. Поверхность имеет зернистую структуру с размерами зерен 25–50 нм. На некоторых участках поверхности наблюдается выстраивание зерен в определенном направлении, указывающее на текстурированность нанесенного алюминиевого поверхностного слоя.

Как и на поверхности дробы гидроксида титана без металлизированного покрытия, на поверхности дробы гидроксида титана модифицированной алюминием так же присутствует оксидная пленка алюминия предотвращающая свободное выделение водорода.

Также как и на поверхности дробы гидроксида титана, трещины на поверхности гидроксида титана модифицированным алюминием объясняются напряжениями, вызванными из-за различных удельных объемов титана и гидроксида. Но на микрофотографии отчетливо видно, что на поверхности модифицированной дробы отсутствуют микротрещины. Их заменили небольшие микроуглубления. По всей видимости, нанесенное металлизированное покрытие в виде алюминия заполнило микротрещины и вместо них образовались углубления. При термообработке поверхности дробы гидроксида титана модифицированной алюминием, предположительно, микротрещины не будут увеличиваться, так как в большей части отсутствуют или частично заполнены металлизированным покрытием.

На микрофотографии отчетливо видны так называемые «перья» указывающие на наличие на поверхности дробы гидроксида титана защитного металлизированного покрытия. Во время термообработки данный защитный материал расплавился и поменял цвет на более светлый, что и видно на микрофотографиях. Защитный материал закупорил большую часть микротрещин и неровностей на поверхности дробы гидроксида титана без металлизированного покрытия.

Для определения термостабильности дробы гидроксида титана использовался метод дифференциально-термического анализа.

В результате проведенной работы по исследованию образца дробы гидроксида титана был получен спектр дифференциально-термического анализа, свидетельствующий об эндотермическом эффекте разложения, наблюдаемом на спектре термодесорбции исследуемого образца дробы гидроксида титана.

По кривой дифференциально-термического анализа выявлено, что начало процесса разложения дробы гидроксида титана соответствует тем-

пературе в 575 °С. Максимальная скорость разложения дробы гидроксида титана достигается при

температуре 694,8 °С. Конец разложения соответствует температуре 999,8 °С.

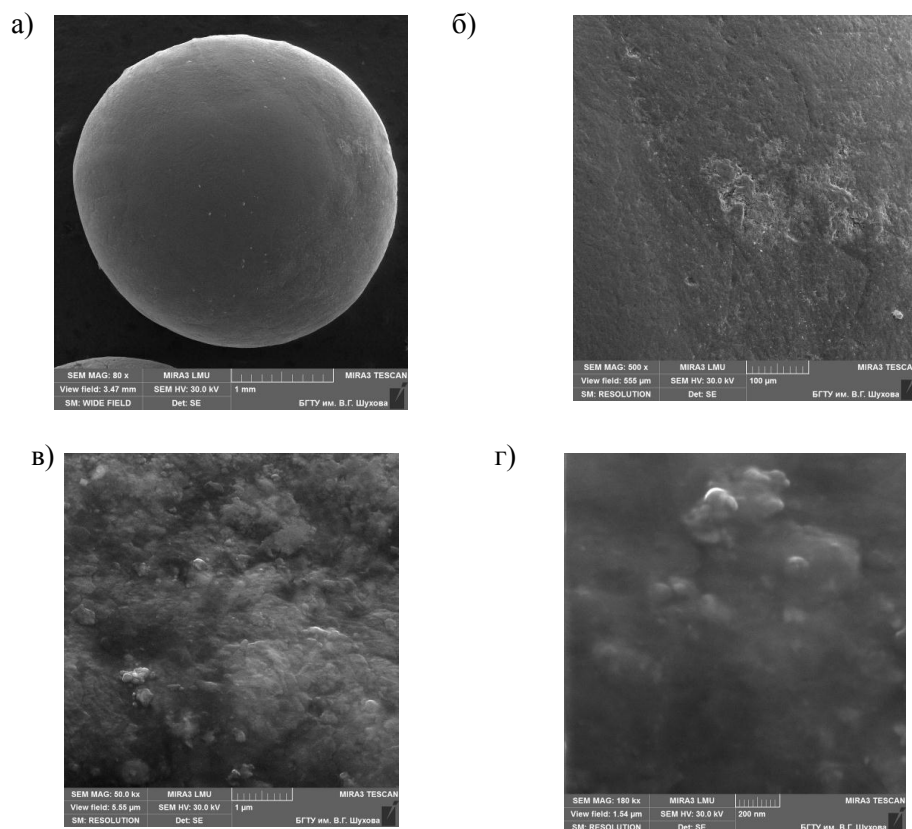


Рис. 2. Микрофотографии поверхности исходной дробы гидроксида титана
а - увеличение в 80 раз; б - увеличение в 500 раз; в - увеличение в 50000 раз; г - увеличение в 18000 раз

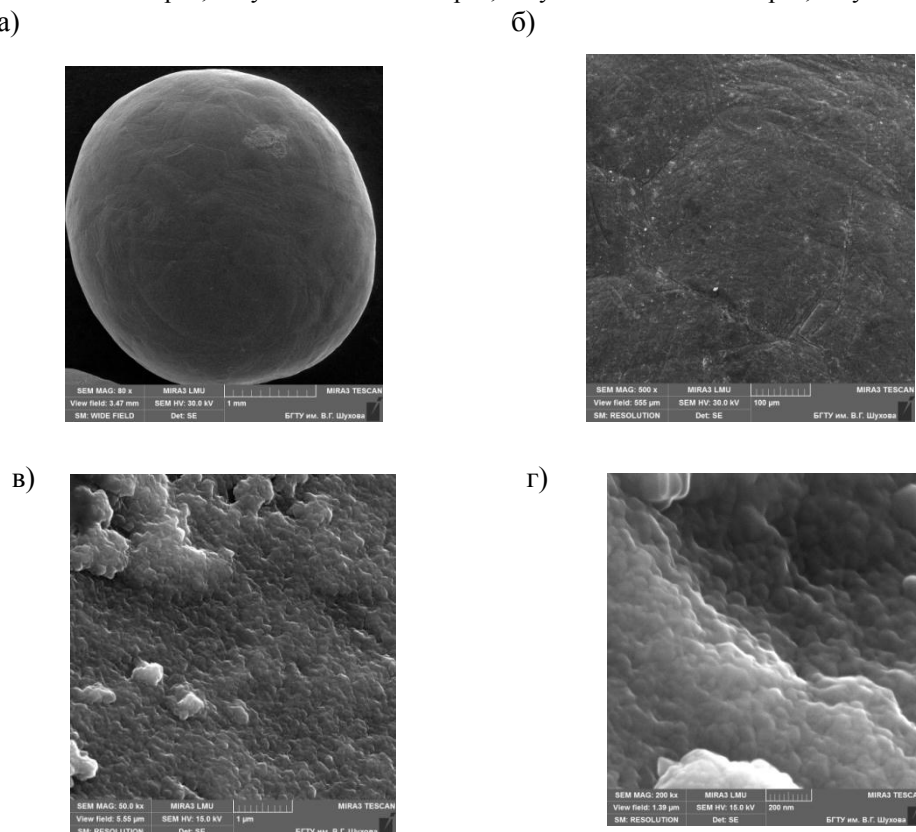


Рис. 3. Микрофотографии поверхности дробы гидроксида титана модифицированной алюминием
а – увеличение в 80 раз; б – увеличение в 500 раз; в – увеличение в 50000 раз; г – увеличение в 200000 раз

Анализ кривой термостабильности образца дробы гидрида титана с напыленным алюминиевым покрытием показал, что пик термодесорбции водорода из исходного гидрида титана без напыления смещен на 60 °С в сторону увеличения температуры. Это связано с низкой температурой плавления алюминия – 658 °С и поэтому нанесения алюминиевого покрытия снижает термостабильность дробы.

Выводы. Установлена возможность создания металлической алюминиевой пленки на поверхности дробы гидрида методом магнетронного напыления. В результате проведенных исследований образца исходной дробы гидрида титана и дробы модифицированной алюминием были получены микрофотографии его поверхности с различным увеличением. Анализ микрофотографий поверхности дробы гидрида титана показал, что микроструктура его поверхность ровная, гладкая, также анализ микроструктуры поверхности материала показал наличие небольшой пористости, неровностей, преимущественно впадин, а также неглубоких продольных трещин. Наличие у дробы гидрида титана оксидной пленки препятствует свободному высвобождению водорода, а также немного заполняет микротрещины на поверхности. Анализ микрофотографий поверхности дробы гидрида титана модифицированной алюминием показал, что микроструктура его поверхности более шероховатая, чем у образца дробы гидрида титана без металлизированного напыления. Поверхность имеет зернистую структуру с размерами зерен 25–50 нм. На некоторых участках поверхности наблюдается выстраивание зерен в определенном направлении, указывающее на текстурированность нанесенного алюминиевого поверхностного слоя. Анализ кривой термостабильности образца дробы гидрида титана с напыленным алюминиевым покрытием показал, что пик термодесорбции водорода из исходного гидрида титана без напыления смещен на 60° С в сторону увеличения температуры. Это связано с низкой температурой плавления алюминия – 658° С и поэтому нанесения алюминиевого покрытия снижает термостабильность дробы. Дальнейшие исследования необходимо направить на исследования нанесения различных металлических покрытий на поверхность дробы гидрида титана, обладающих более высокой, чем алюминий, температурой плавления, например вольфрама.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев С.В., Ващилин В.С., Прохоренков Д.С. Пленки нитрида титана формируемые методом дуального магнетронного распыления // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 6-2 (85). С. 176–179.
2. Зайцев С.В., Колесник В.В., Прохоренков Д.С. Многокомпонентные наноструктурные покрытия на основе системы Ti - Al - Si - N, формируемых методом магнетронного распыления // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2016. № 5-2 (82). С. 174–178.
3. Ващилин В.С., Зайцев С.В. Морфология и оптические свойства модифицированных тонких пленок диоксида олова // В сборнике: приоритетные научные исследования и разработки, Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2016. С. 28–33.
4. Зайцев С.В., Нарцев В.М., Ващилин В.С., Прохоренков Д.С., Евтушенко Е.И. Микроструктура и морфология поверхности тонких покрытий ALN, формируемых на сапфире дуальным магнетронным распылением // Российские нанотехнологии. 2016. Т. 11. № 5-6. С. 18–22.
5. Комарова Д.А., Бадараев А.Д., Баженов А.Ю., Егорова М.С. Экономические преимущества инновационных методов магнетронного распыления // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). С. 228–231.
6. Глухов А.С., Федотов А.А., Григорьев С.А., Кулешов Н.В. Магнетронно-ионное распыление как метод синтеза катализаторов для электрохимических систем с твердополимерным электролитом // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 4. С. 101–107.
7. Сорокин Ю.С., Полонянкин Д.А. Обзор методов поверхностного ионно-плазменного модифицирования материалов // В сборнике: актуальные проблемы современной науки, Материалы III региональной молодежной научно-практической конференции с международным участием. Редколлегия: В. И. Суриков, В. К. Волкова, Т. В. Куниевская. 2014. С. 85–87.
8. Мюллер В., Блэкедж Д. и Либовиц Дж. Гидриды металлов. М.: Атомиздат, 2002. 432 с.
9. Антонова М.М., Морозова Р.А. Препаративная химия гидридов. Киев: Наукова думка, 2008. 99 с.
10. Савицкий Е.М., Бурханов Г.С. Редкие металлы и сплавы. Физико-химический анализ и металловедение. М.: Наука, 2000. 256 с.
11. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов. Т.1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. С. 70–88.
12. Eva Zurek, Roald Hoffmann, N. W. Ashcroft, Artem R. Oganov, Andriy O. Lyakhov. A lit-

tle bit of lithium does a lot for hydrogen // PNAS. October 20. 2009. V. 106. P. 176–185.

13. Pavlenko V.I., Edamenko O.D., Cherkashina N.I., Kuprieva O.V., Noskov A.V. Study of the attenuation coefficients of photon and neutron beams passing through titanium hydride // Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2015. Т. 9. № 3. С. 546–549.

14. Yastrebinsky R.N., Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Kuprieva O.V. Study of the characteristics of neutron and gamma radiation attenuation

compositions based on titanium hydride // Problems of Atomic Science and Technology. 2015. Vol. 2(96). pp. 84–88.

15. Куприева О.В. Формирование инженерных барьеров биологической защиты // В сборнике: Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов Сборник докладов III Международной молодежной научной конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 238–241.

Pavlenko V. I., Cherkashina N.I., Demchenko O.V.

THE CREATION OF A PROTECTIVE COATING ON THE SURFACE FRACTION OF THE TITANIUM HYDRIDE

By far the most versatile and promising method of obtaining the whole range of coverages, from traditional metal to a multiphase nanocomposite coatings) recognizes the method of magnetron sputtering. The method allows to synthesize the full spectrum of metal (Al, Ag, Au, Ti, Si, etc.), ceramic (TiN, ZrN, TiC, TiO₂, Al₂O₃, SiO₂) nanocomposite coatings. In this paper the possibility of applying a protective coating to the surface fractions of titanium hydride by magnetron sputtering. Titanium hydride is an important industrial product that has numerous fields of use. In the work the possibility of creation of the metallic aluminum film on the surface of a fraction of the hydride by the method of magnetron sputtering. The result of the research sample, the original fractions of titanium hydride fractions and modified aluminium were obtained micrograph of its surface with different magnification. Analysis of photomicrographs of the surface fractions of titanium hydride modified aluminum showed that the microstructure of its surface rougher than that of sample fractions of titanium hydride without metallic deposition. The surface has a granular structure with a grain size of 25-50 nm. Further research should be directed to the study of depositing various metallic coatings on the surface fraction of titanium hydride having higher than aluminum melting point, e.g. tungsten.

Key words: magnetron sputtering, titanium hydride, photomicrographs of the surface, metallic coating, surface microstresses

Черкашина Наталья Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: natalipv13@mail.ru

Павленко Зоя Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики

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

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

E-mail: zoia.pavlenko@yandex.ru

Демченко Олег Вячеславович, магистрант кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: d.oleg-19953@mail.ru

Убаськина Ю.А., канд. хим. наук, н. с.
ФГУП «ИРЕА», г. Москва
Коростелева Ю.А., канд. хим. наук, в.н.с.
ООО НТЦ «СМИТ», г. Ульяновск

АДСОРБЦИЯ КАТИОНОВ И АНИОНОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИАТОМИТА

juliabasjo@gmail.com

Данная работа посвящена исследованию адсорбции катионов и анионов органических соединений на поверхности диатомита для использования в тонкой очистке сточных вод от растворимых органических соединений. Установлено, что величина адсорбции катионов и анионов органических соединений на поверхности диатомита зависит от поверхностной плотности заряда диатомита, которая имеет положительное значение в диапазоне pH 1-5 и отрицательное значение в диапазоне pH 6-14, проходя через ноль в изoeлектрической точке. Показано, что адсорбция анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита увеличивается с понижением значения pH раствора. Рассмотрено значение протонирования кремнезема диатомита при адсорбции анионов органических соединений из растворов. Обнаружено, что на величину адсорбции анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита могут влиять стерические эффекты. Установлено, что адсорбция катионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита увеличивается с повышением значения pH раствора. Отмечено, что величина адсорбции катионов органических соединений определяется, в основном, количеством глинистой фракции в диатомите.

Ключевые слова: диатомит, адсорбция, катионы органических соединений, анионы органических соединений, тонкая очистка, сточные воды.

Введение. Проблемы загрязнения пресной воды, предназначенной для использования в промышленных и бытовых целях, увеличиваются с каждым годом. Это связано с тем, что используемые в промышленности и быту препараты производятся, в основном, с применением стойких к разложению, растворимых в воде органических соединений. Данные органические соединения не задерживаются механическими и биологическими фильтрами очистных сооружений и попадают в водоемы, накапливаясь в них. Решением этой проблемы является применение на очистных сооружениях фильтров тонкой очистки сточных вод, с использованием экологически безопасных, дешевых, но эффективных сорбентов. Ранее, в работе [1], сообщалось, что к таким сорбентам относится диатомит - широко распространенная опал-кристобалитовая порода, которая обладает большой удельной поверхностью (в среднем, около 32 м²/г), состоящая в среднем на 70 масс. % из аморфного кремнезема, содержащая не более 7 масс.% кварца [2], глинистую фракцию (не более 35 масс. %) [1]. В работе [1] также отмечено значительное влияние глинистой фракции диатомита на его адсорбционную способность на примере адсорбции из раствора диатомитом красителя катионного типа - метиленового синего. Между тем, используемые в различных препаратах растворимые орга-

нические соединения могут быть как катионного, так и анионного типа.

В связи с этим, целью данной работы стало исследование особенностей адсорбции катионов и анионов органических соединений из раствора на поверхности диатомита для использования его в качестве сорбента при тонкой очистке сточных вод.

Методология. В качестве объекта исследования использовали карьерный диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области. Адсорбцию метиленового синего, эозина Н, метилового оранжевого из раствора на диатомите определяли по методике, приведенной в стандарте [3]. Адсорбцию уксусной кислоты из раствора на диатомите определяли по методике, приведенной в работе [4]. Изменения pH растворов при добавлении их к диатомиту определяли по методике, приведенной в работе [5]. Для характеристики исследуемых корреляционных зависимостей рассчитывали коэффициент Пирсона и определяли уровень значимости, используя программу Microsoft Excel и таблицы критических значений коэффициента корреляции Пирсона (r) для различных уровней значимости и различного числа степеней свободы (размеров выборки) [6]. При регрессионном анализе полученных зависимостей для определения функции регрессии, ее коэффициента детерминации R² и

стандартного отклонения s использовали программу Advanced Grapher 2.2.

Основная часть. В работах [7-10] показано, что pH раствора, содержащего адсорбтив, имеет определяющее значение для адсорбции катионов и анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита. Поверхность диатомита амфотерна и полярна при различных значениях pH раствора, кроме изоэлектрической точки (pH 5,4 [10], pH 5,5-5,8 [11], pH 4 [7]), причем знак заряда поверхности диатомита изменяется, в зависимости от pH раствора. В работе [5] имеются данные об изменении pH

раствора при добавлении его к диатомиту практически во всем диапазоне pH (от 1,02 до 10,40).

На основании литературных данных работы [5], а также собственных данных об изменении величины pH растворов при добавлении их к диатомиту, а также данных по удельной поверхности диатомита, приведенных в работе [12], была рассчитана величина поверхностной плотности заряда диатомита в зависимости от начального pH раствора. Тенденция изменения поверхностной плотности заряда диатомита от начального pH раствора приведена на рис. 1.

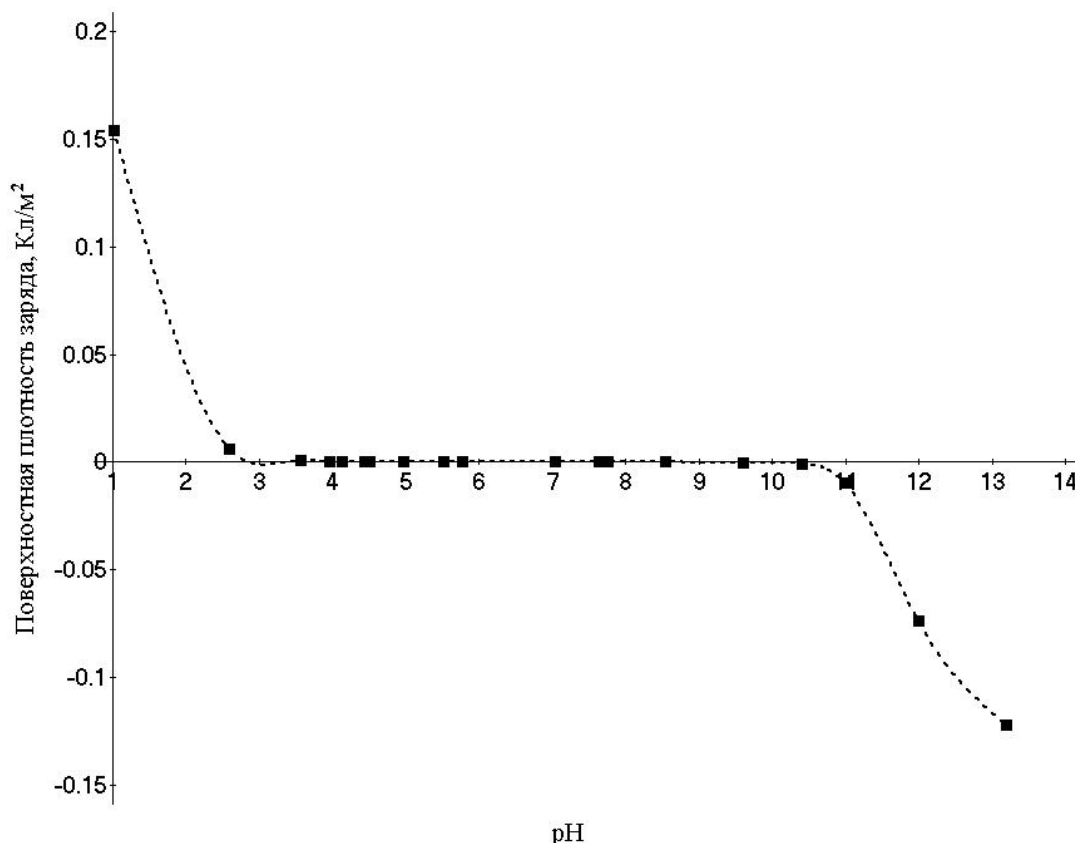


Рис. 1. Тенденция изменения поверхностной плотности заряда диатомита от начального pH раствора

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что заряд поверхности диатомита меняется: до изоэлектрической точки поверхность заряжена положительно, после изоэлектрической точки – отрицательно. Полученные данные, приведенные на рис. 1, хорошо коррелируют с данными по изменению величины поверхностной плотности заряда диатомита в зависимости от начального pH раствора, приведенными в работе [10] ($r = 0,85 \pm 0,02$, $p < 0,001$, $n=64$).

На основании полученных данных, было выдвинуто предположение, что при низких значениях pH, когда заряд поверхности диатомита положителен, адсорбция анионов органических соединений из растворов будет максимальна, а при изменении pH выше значения изоэлектриче-

ской точки будет увеличиваться адсорбция катионов органических соединений из растворов, так как поверхность диатомита будет заряжена отрицательно.

Было исследовано изменение величины адсорбции анионов органических соединений в зависимости от pH раствора. pH раствора устанавливали буферами: 1,65, 4,01, 6,86 и 9,18. Было отмечено небольшое (менее 1,5 %) изменение pH буферных растворов после добавления их к диатомиту, коррелирующее с изменениями pH, приведенными в работе [5] ($r = 0,84 \pm 0,19$, $p < 0,001$, $n=16$).

В качестве анионных органических соединений использовали ксантовый краситель эозин Н и синтетический органический

краситель из группы азокрасителей метиловый оранжевый.

Эозин Н не растворяется при низких значениях pH, поэтому исследование величины ад-

сорбции эозина Н на поверхности диатомита вели в диапазоне 4,01-9,18. Данные по адсорбции эозина на поверхности диатомита приведены в табл. 1.

Таблица 1

Адсорбция эозина Н из раствора на поверхности диатомита при различных значениях pH растворов, установленных буфером

рН буфер-ного рас-твора	Адсорбция Г, мг эозина Н /г карьерного диатомита						Удельная по-верхность диа-томита по эозину Н, м²/г	N слоев
	$\bar{x}$	$\pm\Delta$	s	Лимиты		n		
				min	max			
4,01	6,8	0,8	1,1	6,0	7,5	2	4,77	0,15
6,86	1,0	0,1	0,1	0,9	1,1	2	0,69	0,02
9,18	0,7	0,1	0,1	0,6	0,8	2	0,48	0,01

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что при увеличении значения pH раствора происходит снижение величины адсорбции эозина Н из раствора на поверхности диатомита. Зависимость адсорбции Г эозина Н из раствора на поверхности диатомита от pH буферного раствора описывается степенной функцией с $R^2=0,96$, $s=0,52$:

$$Г=334 \times pH^{-2,9} \quad (1),$$

Метиловый оранжевый растворим в воде во всем диапазоне pH, поэтому исследование величины адсорбции метилового оранжевого из раствора на поверхности диатомита вели в диапазоне 1,65-9,18. Данные по адсорбции метилового оранжевого из раствора на поверхности диатомита приведены в табл. 2.

Таблица 2

Адсорбция метилового оранжевого из раствора на поверхности диатомита при различных значениях pH растворов, установленных буфером

рН буферно- го раствора	Адсорбция Г, мг метилового оранжевого/г карьерного диатомита					Удельная поверхность диатомита по метило- вому оранжевому, м ² /г	N слоев	
	$\bar{x}$	$\pm\Delta$	s	Лимиты				n
				min	max			
1,65	5,9	0,08	0,1	5,9	6,0	2	10,2	0,32
4,01	5,3	0,15	0,2	5,1	5,4	2	9,0	0,28
6,86	1,3	0,08	0,1	1,2	1,4	2	2,2	0,07
9.18	0.5	0.04	0.1	0.5	0.6	2	0.9	0.03

Анализ данных, приведенных в табл. 2, как и в случае с адсорбцией эозина Н из раствора, показывает, что с увеличением значения pH раствора происходит снижение величины адсорбции метилового оранжевого на поверхности диатомита. Зависимость адсорбции Г метилового оранжевого из раствора на поверхности диатомита от pH буферного раствора описывается экспоненциальной функцией с $R^2=0,93$, $s=1,84$:

$$Г=16,8 \times e^{-0,35pH} \quad (2),$$

Таким образом, предположение о том, что при низких значениях pH, когда заряд поверхности диатомита положителен, адсорбция анионов органических соединений из растворов будет максимальна, подтверждается полученными экспериментальными данными.

В работе [10] отмечено, что наиболее вероятный механизм адсорбции из растворов на по-

верхности диатомита в диапазоне pH 1-5 – протонирование поверхностных функциональных групп. Ранее, в работе [1], было показано, что компонентами диатомита, определяющими его адсорбционную способность, является глинистая составляющая диатомита. Между тем, в обзоре, посвященном чувствительности кислотно-основных свойств глин к способам получения и измерения [13], отмечено, что по данным многочисленных исследований, дзета-потенциал поверхности монтмориллонитов и других глин с трехслойным пакетом (2:1) отрицателен в широкой области pH от 2 до 12 (его величина колеблется от -30 до -50 мВ). Авторами обзора указано также, что это не зависит от ионной силы раствора и что изоэлектрической точки у глин не наблюдается, что отмечено авторами работ [14–19].

Растворение кремнезема в диапазоне pH раствора 1-5 незначительно [20], поэтому растворимые формы кремнезема, обладающие амфотерными свойствами, не могут оказывать существенного влияния на связывание протонов из раствора.

Таким образом, можно предположить, что определяющую роль при адсорбции анионов органических соединений из раствора на поверхности диатомита в диапазоне pH 1-5 играет кремнезем диатомита. Можно также предположить, что относительная невысокая величина адсорбции анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита связана с присутствием глинистой составляющей в диатомите. Как уже было отмечено, поверхностная плотность заряда глин отрицательна в диапазоне pH 2-12 [13], поэтому глинистая фракция диатомита может препятствовать адсорбции анионов органических соединений на протонированной поверхности кремнезема диатомита.

Вероятно, адсорбция анионов органических соединений из растворов происходит в две стадии: сначала происходит протонирование поверхности за счет протонов из растворов с pH 1-5, затем к положительно заряженной поверхности притягиваются анионы органических соединений. Для подтверждения этого предположения была рассмотрена зависимость между изменением поверхностной плотности заряда диатомита от pH растворов при добавлении их к диатомиту и адсорбцией из раствора анионов органических соединений на поверхности диатомита при тех же значениях pH.

Было обнаружено, что с понижением поверхностной плотности заряда диатомита адсорбция анионов органических соединений на поверхности диатомита снижается (для эозина H: $r=0,99\pm0,03$, $p<0,001$, $n=9$, для метилового оранжевого: $r=0,65\pm0,03$, $0,02 < p < 0,05$, $n=12$). Это позволяет сделать вывод, что в результате протонирования поверхности диатомита увеличивается положительный заряд поверхности диатомита, а, следовательно, и величина адсорбции анионов органических соединений.

Для оценки степени участия поверхности диатомита в адсорбции анионов органических соединений в кислой среде (при $pH < 5$) необходимо было выбрать органическое соединение, содержащее одновременно протон и органический анион. В качестве такого соединения была выбрана уксусная кислота. Была исследована адсорбция растворов уксусной кислоты различных концентраций на поверхности диатомита. Было обнаружено, что предельная адсорбция равна 15,1 мг уксусной кислоты/г диатомита. Это соответствует $6,49\cdot10^{-5}$ ммоль/м² H⁺, при

этом pH раствора уксусной кислоты меняется от 2,966 до 2,983. Однако, при таком начальном значении pH (2,966) поверхность диатомита способна адсорбировать $1,69\cdot10^{-4}$ ммоль/м² H⁺ (по данным работы [5]), что в 2,56 раз больше значения предельной адсорбции H⁺ уксусной кислоты.

Было выдвинуто предположение, что на величину предельной адсорбции уксусной кислоты из раствора на поверхности диатомита, возможно, оказывают влияние стерические затруднения. В подтверждение этой гипотезы было сделано сравнение удельной поверхности диатомита по азоту (в среднем, около 32 м²) и удельной поверхности диатомита по уксусной кислоте, рассчитанной для мономолекулярного слоя. Удельную поверхность диатомита $S_{уд}$ по уксусной кислоте рассчитывали по формуле, приведенной в работе [21]:

$$S_{уд} = \Gamma_{\infty} \times N_a \times w_0 \quad (3)$$

где Γ_{∞} – предельная адсорбция, ммоль/г, N_a – число Авогадро, w_0 – площадь молекулы (по данным сервиса [22]).

Рассчитанная удельная поверхность диатомита $S_{уд}$ по уксусной кислоте, отнесенная к мономолекулярному слою, оказалась равной 56,51 м²/г. Число слоев уксусной кислоты толщиной в одну молекулу на поверхности диатомита может быть рассчитано как отношение удельной поверхности диатомита по уксусной кислоте к удельной поверхности диатомита по азоту. Тогда число слоев будет равно 1,77, или ~2 слоя. То есть, при величине предельной адсорбции уксусной кислоты на диатомите, равной 15,1 мг уксусной кислоты/г диатомита, уксусная кислота образует два слоя в одну молекулу на поверхности диатомита, что препятствует, вероятно, дальнейшему протонированию поверхности кремнезема диатомита и адсорбции уксусной кислоты из раствора. В связи с этим, количество протонов, адсорбированных поверхностью диатомита, меньше, чем это возможно при данном значении pH (в 2,56 раза, как было указано выше), а, следовательно, меньше и величина адсорбции уксусной кислоты.

Таким образом, величину адсорбции уксусной кислоты лимитируют как электрические явления на поверхности диатомита, так и стерические эффекты.

Была рассчитана также удельная поверхность диатомита по эозину H и метиловому оранжевому, а также количество слоев в одну молекулу для каждого из данных веществ. Расчетные данные приведены в табл. 1 и 2. Анализ приведенных данных по удельной поверхности диатомита по эозину H и метиловому оранже-

вому, а также по количеству слоев позволяет сделать вывод о том, что на поверхности диатомита нет стерических затруднений для адсорбции указанных анионов органических веществ. Достаточно низкая величина их адсорбции на поверхности диатомита может быть обусловлена использованием буферных растворов для получения определенного значения pH. Вероятно, буферные растворы не способствуют протонированию поверхности диатомита, а, значит, и адсорбции анионов органических соединений. По-видимому, для протонирования поверхности кремнезема диатомита и для увеличения величины адсорбции анионов органических соеди-

нений целесообразнее использовать растворы сильных кислот.

В отличие от адсорбции анионов органических соединений, адсорбция на диатомите катионов органических соединений достаточно хорошо изучена [1, 7, 8, 23, 24].

Было исследовано изменение величины адсорбции катионов органических соединений от pH буферных растворов на примере основного тиазинового красителя – метиленового синего. В табл. 3 приведены данные об адсорбции метиленового синего из раствора на поверхности диатомита при различных значениях pH.

Таблица 3

Адсорбция метиленового синего из раствора на поверхности диатомита при различных значениях pH растворов, установленных буфером

рН буферного раствора	Адсорбция Г, мг метиленового синего /г карьерного диатомита					Удельная поверхность диатомита по метиленовому синему, м ² /г	N слоев	
	$\bar{x}$	$\pm\Delta$	s	Лимиты				n
				min	max			
1,65	31,0	3,3	4,6	27,0	36,0	3	25,61	0,80
4,01	33,9	1,7	2,0	31,5	36,0	4	28,01	0,88
6,86	39,4	1,3	1,9	42,0	37,5	4	32,53	1,02
9.18	49.0	3.3	4.6	45.0	54.0	3	40.49	1.27

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показывает, что с увеличением значения pH раствора происходит увеличение величины адсорбции метиленового синего из раствора на поверхности диатомита. Было найдено, что с повышением поверхностной плотности заряда диатомита адсорбция метиленового синего на поверхности диатомита возрастает ($r=-0,51\pm0,22$, $0,02 < p < 0,05$, $n=16$).

Зависимость адсорбции Γ метиленового синего из раствора на поверхности диатомита от pH буферного раствора описывается степенной функцией с $R^2=0,69$, $s=4,11$:

$$\Gamma=25,8 \times \text{pH}^{0,24} (4).$$

Анализ графика функции (4) показывает, что при определенном pH наступает насыщение диатомита метиленовым синим, соответствующее предельной адсорбции метиленового синего на диатомите.

Предлагаемый в работах [8, 10, 23] очевидный механизм адсорбции метиленового синего в щелочной среде как химическое взаимодействие катиона органических соединений с гидроксильными группами кремнезема на поверхности диатомита не подтверждается полученными ранее данными, изложенными в работе [1]. Как показано в работе [1], адсорбция положительно заряженных органических ионов на диатомите определяется количеством в нем глинистых минералов ($r = 0,85 \pm 0,02$, $p < 0,001$, $n = 20$) и ок-

сидов щелочных и щелочноземельных металлов ($r = 0,85 \pm 0,01$, $p < 0,001$, $n = 20$).

Была рассчитана удельная поверхность диатомита по метиленовому синему, а также количество слоев толщиной в одну молекулу метиленового синего на поверхности диатомита. Расчетные данные приведены в табл. 3. Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод о том, что на поверхности диатомита с повышением pH раствора увеличивается количество слоев толщиной в одну молекулу метиленового синего, что согласуется с данными работ [25, 26]. Это может быть связано с тем, что, как сообщается в работе [25], при сорбции азота (в вакууме) пакеты монтмориллонита (и других глин с трехслойным пакетом (2:1) из глинистой фракции диатомита) скорее всего, агрегированы, а в водной среде при их набухании и последующей деагрегации увеличение доступной поверхности весьма вероятно.

Таким образом, предположение о том, что при высоких значениях pH раствора, когда заряд поверхности диатомита отрицателен, адсорбция катионов органических соединений из растворов будет максимальна, подтверждается полученными экспериментальными и расчетными данными.

Выводы. В результате исследования процесса адсорбции катионов и анионов органических соединений из растворов на поверхности

диатомита, обнаружено, что величина адсорбции катионов и анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита зависит от поверхностной плотности заряда диатомита. Поверхностная плотность заряда диатомита имеет положительное значение в диапазоне pH 1-5 и отрицательное значение в диапазоне pH 6-14, проходя через ноль в изoeлектрической точке. Адсорбция анионов органических соединений из растворов увеличивается с понижением значения pH, так как положительный заряд поверхности при этом возрастает. Определяющую роль при адсорбции анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита в диапазоне pH 1-5 играет протонируемый кремнезем диатомита, поверхность которого приобретает при протонировании положительный заряд. Обнаружено, что на величину адсорбции анионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита могут влиять стерические эффекты. Выявлено, что для протонирования поверхности кремнезема диатомита и для повышения величины адсорбции анионов органических соединений на поверхности диатомита целесообразно использовать растворы сильных кислот. Установлено, что адсорбция катионов органических соединений из растворов на поверхности диатомита увеличивается с повышением значения pH, так как отрицательный заряд поверхности диатомита при этом возрастает. Отмечено, что величина адсорбции катионов органических соединений определяется, в основном, количеством глинистой фракции в диатомите, поверхность которой имеет отрицательный заряд в диапазоне pH 2-12.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Убаськина Ю.А., Фетюхина Е.Г., Коростелева Ю.А. Исследование адсорбционной способности диатомита // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 140–143.
2. Убаськина Ю.А., Арсентьев И.В., Фетюхина Е.Г., Коростелева Ю.А., Адаев Т.В. Исследование минералогического состава диатомита для его безопасной добычи и применения в промышленности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 128–132.
3. ГОСТ 30036.2 – 93. Каолин обогащенный. Метод определения показателя адсорбции. М.: Изд. стандартов, 1994. 7 с.
4. Коллоидная химия. Методические указания. / Сост.: В.Т. Письменко, Е.Н.Калюкова. Ульяновск: УлГТУ, 2003. 72 с.

5. Лисин С.А. Модифицирование биогенного кремнезема и пути его использования : дис.... канд. хим. наук. Ульяновск, 2004. С. 98–99.
6. Fisher R.A., Frank Y. Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research, 6th ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1963. 146 p.
7. Shawabkeh R. A., Tutunji M. F. Experimental study and modeling of basic dye sorption by diatomaceous clay // Applied Clay Science. 2003. V. 24. № 1. pp. 111–120.
8. Al-Ghouti M. A., Khraisheh M. A., Ahmad M. N., Allen S. Adsorption behaviour of methylene blue onto Jordanian diatomite: a kinetic study // Journal of hazardous materials. 2009. V. 165. № 1. pp. 589–598.
9. Badii K., Ardejani F. D., Saberi M. A., Li-maee N. Y., Shafaei S. Z. Adsorption of Acid blue 25 dye on diatomite in aqueous solutions // Indian Journal of Chemical Technology. 2010. V. 17. № 1. pp. 7–16.
10. Al-Ghouti M. A., Khraisheh M. A. M., Allen S. J., Ahmad M. N. The removal of dyes from textile wastewater: a study of the physical characteristics and adsorption mechanisms of diatomaceous earth // Journal of Environmental Management. 2003. V. 69. № 3. pp. 229–238.
11. Лисин С. А. Модифицирование биогенного кремнезема и пути его использования: Автореф. дис. канд. хим. наук. Казань, 2004. С.7
12. Убаськина Ю.А. Изучение компонентов воды в диатомите и их влияние на адсорбционные свойства породы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 143–147
13. Duc M., Gaboriaud F., Thomas F. Sensitivity of the acid–base properties of clays to the methods of preparation and measurement: 1. Literature review // Journal of colloid and interface science. 2005. V. 289. № 1. P. 139–147.
14. Avena M. J., De Pauli C. P. Proton adsorption and electrokinetics of an Argentinean montmorillonite // Journal of Colloid and Interface Science. 1998. V. 202. № 1. pp. 195–204.
15. Sondi I., Bišćan J., Pravdić V. Electrokinetics of pure clay minerals revisited // Journal of Colloid and Interface Science. 1996. V. 178. № 2. pp. 514–522.
16. Delgado A., Gonzalez-Caballero F., Bruque J. M. On the zeta potential and surface charge density of montmorillonite in aqueous electrolyte solutions // Journal of colloid and interface science. 1986. V. 113. № 1. pp. 203–211.
17. Duran J. D. G. et al. Rheological and electrokinetic properties of sodium montmorillonite suspensions: I. Rheological properties and interpar-

ticle energy of interaction // Journal of Colloid and Interface Science. 2000. V. 229. № 1. pp. 107–117.

18. Miller S. E., Low P. F. Characterization of the electrical double layer of montmorillonite // Langmuir. 1990. V. 6. № 3. pp. 572–578.

19. Pashley R. M. Electromobility of mica particles dispersed in aqueous solutions // Clays and Clay Minerals. 1985. V. 33. № 3. pp. 193–199.

20. Айлер Р. Химия кремнезема: Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Ч. 1. С. 65–73.

21. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Под ред. Ю. Г. Фролова и А. С. Гродского. М.: Химия, 1986. С. 38.

22. PubChem / National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. [Электронный ресурс]. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. (дата обращения: 15.09.16.)

23. Al-Ghouti M. A., Khraisheh M. A. M., Ahmad M. N., Allen S. J. Thermodynamic behav-

iour and the effect of temperature on the removal of dyes from aqueous solution using modified diatomite: a kinetic study // Journal of Colloid and Interface Science. 2005. V. 287. № 1. pp. 6–13.

24. Al-Qodah Z., Lafi W. K., Al-Anber Z., Al-Shannag M., Harahsheh A. Adsorption of methylene blue by acid and heat treated diatomaceous silica // Desalination. 2007. V. 217. № 1. pp. 212–224.

25. Чулков А. Н., Дейнека В. И., Дейнека Л. А. Особенности оценки ионообменных характеристик глин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2011. Т. 16. № 15. С. 88–94.

26. Rytwo G., Nir S., Margulies L. Interactions of monovalent organic cations with montmorillonite: adsorption studies and model calculations // Soil Science Society of America Journal. 1995. V. 59. № 2. pp. 554–564.

Ubaskina J.A., Korostelyova J.A.

ADSORPTION OF ORGANIC CATIONS AND ANIONS ON DIATOMITE SURFACE

This work is devoted to the research of adsorption of organic cations and anions on diatomite surface for using in fine purification of wastewater to remove soluble organic compounds. It has been found that the adsorption value of organic cations and anions on the diatomite surface depends on the surface charge density of diatomite. The surface charge density of diatomite has positive value in the range of pH 1-5 and negative value in the range of pH 6-14 passing through zero at the isoelectric point. It has been showed that the adsorption of organic anions on diatomite surface from solutions increases while the solution pH-value decreases. The protonation value of silica of diatomite in the adsorption of organic anions from solutions has been researched. It has been found that the adsorption value of organic anions on diatomite surface from solutions can depend on steric effects. It has been found that the adsorption of organic cations on diatomite surface from solutions increases while the solution pH-value increases. It has been noted that the adsorption value of organic cations depends on the amount of clay fraction in diatomite.

Key words: diatomite, adsorption, organic cations, organic anions, fine purification, wastewater.

Убаськина Юлия Александровна, кандидат химических наук, научный сотрудник
ФГУП «ИРЕА» (г. Москва)
Адрес: Россия, 107076, г. Москва, Богородский вал, д.3
E-mail: juliabasjo@gmail.com

Коростелева Юлия Александровна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник
ООО Научно-технологический центр «Силикатные материалы и технологии» (ООО НТЦ «СМИТ») (г. Ульяновск)
Адрес: Россия, 432017, Ульяновск, ул. Кузнецова, д. 4 Б
E-mail: nauka@diamix.ru

DOI: 10.12737/22099

Галимова Р.З., аспирант,
Шайхиев И.Г., д-р техн. наук, проф.,
Алмазова Г.А., канд. техн. наук, доц.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Свергузова С.В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ АДСОРБЦИИ ФЕНОЛА ОТХОДАМИ ВАЛЯЛЬНО-ВОЙЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

rumiushka666@mail.ru

Перспективным направлением при сорбционной очистке сточных вод является использование в качестве сорбционных материалов отходов промышленного и сельскохозяйственного производства, в частности, органических кератинсодержащих отходов от переработки шерстяного сырья. Повышение эффективности сорбционных материалов осуществляется с помощью химической модификации поверхности растворами кислот и щелочей. Изучены сорбционные свойства отходов валяльно-войлочного производства: нативных и модифицированных образцов угара и кнопа по отношению к фенолу в режиме статической адсорбции. Модификация сорбционных материалов осуществлялась с помощью 5 % раствора серной кислоты. На основании полученных данных, построены изотермы сорбции фенола, рассчитаны уравнения процессов адсорбции. Установлено, что процесс сорбции фенола нативным кнопом и модифицированным угаром могут быть описаны уравнениями Ленгмюра и Дубинина–Радушкевича, модифицированным кнопом – уравнениями Фрейндлиха и Дубинина–Радушкевича, а нативным угаром – всеми тремя уравнениями: Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина–Радушкевича. Выявлено, что процесс физической адсорбции фенола нативными и модифицированными угаром и кнопом протекает в смешаннодиффузионном режиме.

Ключевые слова: отходы переработки шерсти, фенол, сорбция, изотермы сорбции, уравнения сорбции.

Введение. Все увеличивающиеся объемы промышленного производства приводят к образованию большого количества сточных вод, содержащих токсичные поллютанты. Одним из многотоннажных продуктов производств основного органического синтеза, используемого в различных отраслях народного хозяйства и являющегося полупродуктом для синтеза многих химических реагентов, является фенол. Производство последнего в мировом масштабе исчисляется миллионами тонн. Сдерживающим фактором увеличения объемов производства фенола служит, в частности, высокая токсичность реагента, приводящая к отравлению и гибели биоценоза микроорганизмов активного ила при биологической очистке.

В связи с вышеизложенным, возникает необходимость локальной очистки водных сред от фенола и его производных. Среди наиболее эффективных методов очистки сточных вод от последних являются: сорбционные методы очистки, озонирование, химическое окисление и др. Эффективность сорбционных методов очистки обуславливает их широкое использование на промышленных предприятиях в процессах водоподготовки и при очистке сточных вод. В качестве адсорбента с высокими адсорбционными свойствами зарекомендовал себя активи-

рованный уголь. Но из-за его высокой себестоимости, требуется поиск других, более дешевых, но не менее эффективных реагентов. В качестве них могут быть использованы альтернативные сорбционные материалы – отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, в частности, органические кератинсодержащие отходы от переработки шерстяного сырья [1]. Ранее было показана возможность использования последних для удаления из водных сред ионов тяжелых металлов [2–10], нефти и продуктов ее переработки [11–16], красителей [17–19]. Возможность использования в качестве сорбционного материала отходов обработки шерсти имеет ряд преимуществ, таких как: низкая стоимость, доступность, высокая сорбционная емкость, лёгкость утилизации отработанных реагентов.

Одним из наиболее эффективных методов повышения эффективности сорбционных материалов, в том числе и кератинсодержащих, является химическая модификация поверхности с помощью химических реагентов [3, 20–27].

На основании выше рассмотренного, изучались сорбционные свойства отходов, образующихся в процессе производства валяльно-войлочных изделий: нативных и модифицированных образцов так называемых «угара» и

«кнопа» по отношению к фенолу. Угар представляет собой отход валяльно-войлочного производства, который образуется при очистке шерсти, засоренной растительными остатками, кноп – отход валяльно-войлочного производства, образующийся на стадии шероховки валяльно-войлочных изделий. Угар имеет в составе репейные остатки и волокна шерсти большей длины чем волокна кнопа. Содержание шерсти в угаре составляет 54 %, целлюлозных растительных остатков – 46 %.

Экспериментальная часть. На первом этапе исследования получены модифицированные кноп и угар. Модификацию поверхности осуществляли 5 %-ным раствором серной кислоты при нормальных условиях.

Кинетика сорбции фенола угаром и кнопом изучалась в режиме статической адсорбции на модельных системах – водных растворах фенола ($C_0 = 0 - 1000 \text{ мг/дм}^3$) при дозировки сорбцион-

ного материала 10 г/дм^3 . Методика проведения эксперимента, а также определения начальной и равновесной концентрации фенола представлены в работе [28].

Обсуждение результатов. На основе полученных данных, рассчитана сорбционная ёмкость по фенолу (A) по формуле:

$$A = (C_0 - C_e) \cdot V/m \quad (1)$$

где A – сорбционная ёмкость по фенолу (ммоль/г), C_0 – начальная концентрация фенола (ммоль/дм³), C_e – концентрация фенола после сорбции (ммоль/дм³), V – объем раствора (дм³), m – масса сорбционного материала (г).

Изотермы сорбции фенола на кнопе и модифицированном кнопе, а также, на угаре и модифицированном угаре представлены на рисунке 1.

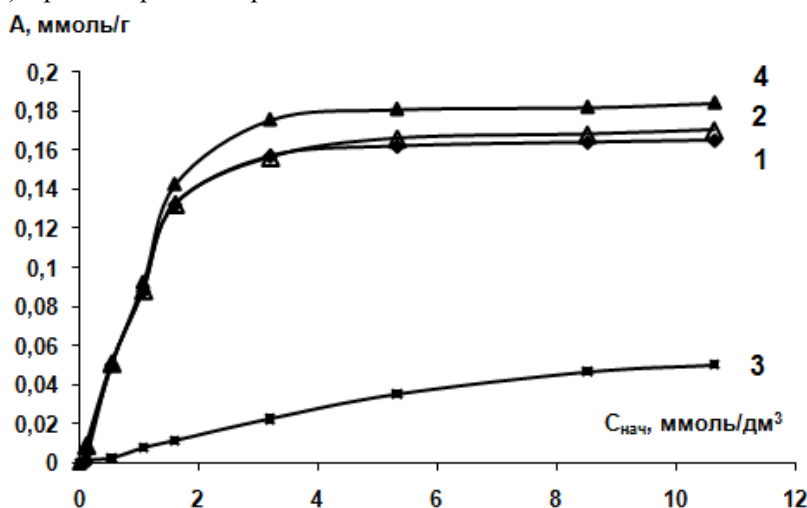


Рис. 1. Интегральная кривая сорбции фенола: 1 – нативным кнопом, 2 – модифицированным кнопом, 3 – нативным угаром, 4 – модифицированным угаром

Из рисунка 1 видно, что модификация поверхности кнопа 5 %-ным водным раствором серной кислотой практически не влияет на его сорбционные свойства, в то время как обработка угара 5 %-ным раствором серной кислоты увеличивает сорбционную ёмкость по фенолу почти в 4 раза, для нативного угара максимальная сорбционная ёмкость $0,05 \text{ ммоль/дм}^3$ ($4,7 \text{ мг/дм}^3$), а для модифицированного угара – $0,184 \text{ ммоль/дм}^3$ ($17,3 \text{ мг/дм}^3$).

С целью выявления закономерностей процесса адсорбции фенола на отходах валяльно-войлочного производства: кнопа и угара и математическим описанием процессов, построены изотермы сорбции, рассчитаны уравнения сорбции фенола и коэффициенты корреляции уравнений. В данной статье рассмотрены наиболее часто используемые уравнения адсорбции

Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радускевича.

Модель Ленгмюра предполагает, что сорбция происходит на поверхности твердого тела, которая состоит из элементарных участков, каждый из которых может адсорбировать только одну молекулу сорбата, т.е. мономолекулярную адсорбцию. Также предполагается, что количество сорбционных центров эквивалентно количеству сорбируемого вещества и способно присоединять сорбат, не зависимо от того, заняты соседние участки или нет [29]. Изотерма Ленгмюра описывается уравнением 2 и определяется линеаризацией в координатах: $1/A = f(1/C_e)$.

$$1/A = 1/Q_0 + 1/(bQ_0C_e) \quad (2),$$

где A – сорбционная ёмкость по фенолу (ммоль/дм³), C_e – равновесная концентрация фе-

нола, b – константа сорбционного равновесия, характеризующая интенсивность сорбции ($\text{дм}^3/\text{ммоль}$), Q_0 – предельное количество сорбированного фенола (ёмкость монослоя) (ммоль/г).

Модель Фрейндлиха применяют для описания сорбции на гетерогенной поверхности. Так как сорбционные центры по этой модели обладают различными величинами энергии, то, в первую очередь, происходит заполнение активных сорбционных положений с максимальной энергией [29]. Изотерма Фрейндлиха описывается уравнением 3 и определяется линеаризацией в координатах: $\log A = f(\log C_e)$.

$$\log A = \log K_F + 1/n \log C_e \quad (3),$$

где K_F – константа равновесия уравнения Фрейндлиха, относящаяся к адсорбционной емкости и $1/n$ – параметр, указывающий на интенсивность взаимодействия адсорбент – адсорбат.

Модель Дубинина – Радускевича часто используют с целью идентификации физической или химической адсорбции [29]. Изотерма Дубинина – Радускевича описывается уравнением

4 и определяется линеаризацией в координатах: $\ln A = f(e^2)$.

$$\ln A = \ln X_m - \beta e^2 \quad (4),$$

где X_m – максимальная сорбционная ёмкость (ммоль/г), β – константа, связанная с энергией адсорбции, e – потенциал Поляни, описывающий работу 1 моля фенола, переносимого из объема раствора к поверхности сорбента и определяемый по формуле 5.

$$e = RT \ln(1 + 1/C_e) \quad (5),$$

где R – универсальная газовая постоянная ($8,314 \times 10^{-3} \text{ кДж}/(\text{моль} \times \text{К})$), T – абсолютная температура в Кельвинах.

Полученные уравнения сорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина–Радускевича, а также их коэффициенты корреляции представлены в таблице 1.

Энергии сорбции рассчитаны по формуле 6 и представлены в таблице 2.

$$E = (-2\beta)^{-1/2} \quad (6),$$

где β – константа Дубинина–Радускевича.

Таблица 1

Уравнения сорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина – Радускевича, а также их коэффициенты корреляции

Сорбент	Изотерма	Уравнение сорбции	Коэффициент корреляции
Нативный кноп	Ленгмюра	$y = 0,710x + 4,502$	0,982
	Фрейндлиха	$y = 0,350x - 0,712$	0,889
	Дубинина-Радускевича	$y = -4E-08x - 0,975$	0,998
Модифицированный кноп	Ленгмюра	$y = 0,702x + 4,434$	0,965
	Фрейндлиха	$y = 0,193x - 0,897$	0,933
	Дубинина-Радускевича	$y = -4E-08x - 0,962$	0,997
Нативный угар	Ленгмюра	$y = 5,906x + 4,418$	0,999
	Фрейндлиха	$y = 0,991x - 2,222$	0,982
	Дубинина-Радускевича	$y = -2E-08x - 2,074$	0,994
Модифицированный угар	Ленгмюра	$y = 133,7x + 4,952$	0,94
	Фрейндлиха	$y = 0,393x - 1,055$	0,893
	Дубинина-Радускевича	$y = -4E-08x - 0,926$	0,997

Таблица 2

Значения энергий сорбции фенола кнопом, модифицированным кнопом, угаром и модифицированным угаром, а также максимальные сорбционные ёмкости по фенолу, полученные экспериментально и расчетным путем

Сорбент	Максимальная сорбционная ёмкость		Энергия сорбции E , кДж/моль	Физическая/Химическая адсорбция
	Экспериментальная A_∞ , ммоль/г	Теоретическая X_m , ммоль/г		
Нативный кноп	0,165	0,377	3,535	Физическая
Модифицированный кноп	0,170	0,382	3,535	Физическая
Нативный угар	0,05	0,126	5,000	Физическая
Модифицированный угар	0,184	0,396	3,535	Физическая

Как видно из таблицы 2, во всех четырех случаях энергия сорбции менее 8 кДж/моль , что свидетельствует протеканию физической ад-

сорбции [30]. Последняя состоит из двух стадий: диффузии адсорбата в растворе к поверхности адсорбента и диффузия адсорбата в порах ад-

сорбента [31]. С целью выявления лимитирующей стадии построены зависимости: $-\lg(1-F) = f(t)$ и $F = f(t)$, где F – величина определяемая по формуле 7.

$$F = A/A_{\infty} \quad (7)$$

По полученным зависимостям для модифицированного кнопа и для модифицированного угара (рис. 2 и 3) видно, что процесс адсорбции фенола модифицированным кнопом и модифицированным угаром протекает в смешанно-диффузионном режиме [32], при этом диффузия фенола в порах сорбента отмечается только с 60 минуты процесса сорбции.

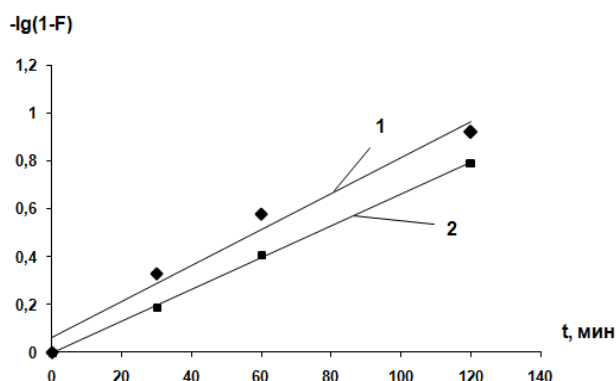


Рис. 2. Зависимость $-\lg(1-F) = f(t)$ процесса сорбции фенола: 1 – модифицированным кнопом, 2 – модифицированным угаром

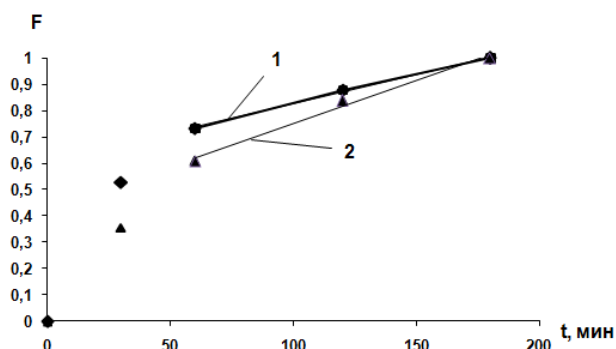


Рис. 3. Зависимость $F = f(t)$ процесса сорбции фенола: 1 – модифицированным кнопом, 2 – модифицированным угаром

Заключение. Получены модифицированные сорбционные материалы – модифицированный кноп и модифицированный угар, путём обработки поверхности сорбента 5 %-ным раствором серной кислоты. В режимы одноступенчатой статической адсорбции на модельных система – водных растворах фенола изучены сорбционные свойства отходов валяльно – войлочного производства: кнопа, модифицированного кнопа, угара и модифицированного угара при дозировке сорбционного материала 10 г/дм^3 и температуре 25°C . Построены изотермы сорбции, рассчитаны уравнения Ленгмюра, Фрейд-

лиха, Дубинина – Радушкевича. Установлено, что процесс сорбции фенола нативным кнопом лучше всего описывается уравнением Дубинина–Радушкевича с коэффициентом корреляции 0,998, модифицированным кнопом – уравнением Дубинина–Радушкевича с коэффициентом корреляции 0,997, нативным угаром – уравнением Ленгмюра с коэффициентом корреляции 0,999, модифицированным угаром – уравнением Дубинина–Радушкевича с коэффициентом корреляции 0,997. Рассчитаны экспериментальные и теоретические максимальные сорбционные ёмкости, а также энергии сорбции для изучаемых сорбционных материалов. Выявлено, что рассмотренные процессы относятся к процессам физической сорбции фенола перечисленными выше сорбционными материалами и протекают в смешанно-диффузионном режиме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шайхiev И.Г. Шерсть и отходы от ее переработки в качестве реагентов для очистки сточных вод от поллютантов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. № 7. С. 19–27
2. Нагимуллина Г.Р., Шайхiev И.Г., Фридланд С.В., Ахметшин Ш.М. Очистка сточных вод, содержащих ионы Fe^{3+} , кнопом // Вестник татарского отделения российской экологической академии. Казань. 2006. №4. С. 32–35.
3. Шайхiev И.Г. Экологотехнологические основы модификации и применения отходов переработки шерсти и льна для очистки загрязненных вод: дис... д-ра техн.наук Казань, 2011. 357с.
4. Нагимуллина Г.Р., Шайхiev И.Г., Фридланд С.В., Ахметшин Ш.М. Очистка сточных вод отходами валяльно-войлочного производства // Экология и промышленность России. 2007. № 11. С.21
5. Нагимуллина Г.Р., Шайхiev И.Г., Шмыков А.И., Фридланд С.В. Очистка сточных вод, содержащих ионы Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , отходами валяльно-войлочного производства // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 12. С. 32–36.
6. El-Sayed H., Kantouch A., Raslan W.M. Environmental and technological studies on the interaction of wool with some metal ions // Toxicological & Environmental Chemistry. 2004. Vol. 86. № 3. P. 141–146.
7. Patil K., Smith S.V., Rajkhowa R., Tsuzuki T., Wang X., Lin T. Milled cashmere guard hair powders: Absorption properties to heavy metal ions // Powder Technology. 2012. Vol. 218. P. 162–168.

8. Taddei P., Monti P., Freddi G., Arai T., Tsukada M. Binding of Co(II) and Cu(II) cations to chemically modified wool fibres: an IR investigation // *Journal of Molecular Structure*. 2003. vol. 650. P. 105–113.
9. El-Sayed A.A., Salama M., Kantouch A.A.M. Wool micro powder as a metal ion exchanger for the removal of copper and zinc // *Desalination and Water Treatment*. 2015. Vol. 56, № 4. P. 1010–1019.
10. Bendaka W., Raslana M., Salama M. Treatment of Wool with Metal Salts and their Effects on its Properties // *Journal of Natural Fibers*. 2008. Vol. 5. № 3. P. 251–269.
11. Фасхутдинова З.Т., Шайхиев И.Г., Абдуллин И.Ш. Повышение эффективности метода очистки маслосодержащих сточных вод модифицированными отходами валяльного производства // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 21. С. 220–222.
12. Шайхиев И.Г., Низамов Р.Х., Степанова С.В. Отходы от переработки шерсти для очистки водных акваторий от нефти // *Экспозиция Нефть Газ*. 2010. № 4. С. 11–14.
13. Шайхиев И.Г. Фазуллиной З.Т. Абдуллин И.Ш., Гафаров И.Г. Влияние обработки ВЧ-плазмой пониженного давления на эффективность удаления с водной поверхности масла КС-19 отходом валяльно-войлочного производства // *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. Т.15. № 4. С. 126–128.
14. Шайхиев И.Г. Низамов Р.Х., Абдуллин И.Ш., Фридланд С.В. Модификация альтернативного сорбента плазменной обработкой для увеличения нефтеемкости и гидрофобности // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2010. № 4. С. 24–27.
15. Шайхиев И.Г., Фазуллиной З.Т., Абдуллин И.Ш., Гафаров И.Г. Влияние обработки ВЧ-плазмой пониженного давления на эффективность удаления отходом валяльно-войлочного производства с водной поверхности масла ТП-22 // *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. № 19. С. 42–48.
16. Шайхиев И.Г., Фасхутдинова З.Т., Абдуллин И.Ш., Свергузова С.В. Влияние параметров ВЧ плазмы пониженного давления на эффективность удаления угаром с водной поверхности масла ТП-22 // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. №1. С. 133–137.
17. Saleem M., Pirzada T., Qadeer R. Sorption of some azo-dyes on wool fiber from aqueous solutions // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2005. Vol. 260. P. 183–188.
18. Wen G., Cookson P.G., Liu X., Wang X.G. The effect of pH and temperature on the dye sorption of wool powders // *Journal of Applied Polymer Science*. 2010. Vol. 16. № 4. P. 2216–2226.
19. Schlink A.C., Ortega S., Greeff J.C., Dowling M.E. Inheritance of Acid Red 1 dye absorption and its relationship to other Merino wool traits // *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2006. Vol. 46. №7. P. 943–946.
20. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. Кератинсодержащие отходы птицеводства как сорбционные материалы для удаления поллютантов из водных сред. 1. Извлечение ионов металлов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. Т. 18. № 2. С. 445–449.
21. Шайхиев И.Г., Шайхиева К.И. Кератинсодержащие отходы птицеводства как сорбционные материалы для удаления поллютантов из водных сред. 2. Извлечение органических соединений // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. Т. 18. № 5. С. 216–220.
22. Freddi G., Arai T., Colonna G.M., Boschi A., Tsukada M. Binding of metal cations to chemically modified wool and antimicrobial properties of the wool-metal complexes // *Journal of Applied Polymer Science*. 2001. № 14. P. 3513–3519.
23. Li W., Ye Y. Modified wool as adsorbent for the removal of Cr(III) from aqueous solution: adsorption properties, isotherm and kinetics // *Research on Chemical Intermediates*. 2015. Vol. 41. № 2. P. 803–812.
24. Yin Z., Chen M., Hu S., Cheng H. Carboxylate functionalized wool fibers for removal of Cu(II) and Pb(II) from aqueous solution // *Desalination and Water Treatment*. 2016. Vol. 57. № 37. P. 17367–17376.
25. Freeland G.N., Hoskinson R.M., Mayfield R.J. Adsorption of mercury from aqueous solutions by polyethylenimine modified wool fibers // *Environmental Science and Technology*. 1974. Vol. 8. № 10. P. 943–944.
26. Masri M.S., Friedman M. Effect of chemical modification of wool on metal ion binding // *Journal of Applied Polymer Science*. 1974. Vol. 18. № 8. P. 2367–2377.
27. Khosa M.A., Ullah A.A. Sustainable role of keratin biopolymer in green Chemistry: A Review // *Journal of Food Processing & Beverages*. 2013. Vol. 1. № 1. 8 p.
28. Тухватуллина Р.З., Шайхиев И.Г., Бараяетдинова А.А., Алмазова Г.А.

Исследование сорбции фенола на листьях берёзы // Вестник технологического университета. 2015. Т.18. №13. С.249–251.

29. Зеленцов В.И., Дайко Т.Я. Применение адсорбционных моделей для описания равновесия в системе оксигидроксид алюминия – фтор // Электронная обработка материалов. 2012. № 6. С. 65–73.

30. Chakravarty S., Pimple S., Chaturvedi H.T., Singh S., Gupta K.K. Removal of copper from aqueous solution using newspaper pulp as an adsorbent // Journal of Hazardous Materials. 2008.

№159. С.396–403.

31. Никифорова Т.Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами: дис... д-ра хим. наук. Иваново, 2014. С. 39–53.

32. Солдатенко Е.М. Сорбционные и биоцидные свойства композитов на основе глауконита, поливинилового спирта и мультимодисперсных частиц меди: дис... канд. хим. наук. Саратов, 2015. С. 91–93.

Galimova R.Z., Shaikhiev I.G., Almazova G.A., Sverguzoza S.V.

RESEARCH OF KINETICS OF PROCESSES OF ADSORPTION OF PHENOL WASTE OF FELTING AND FELT PRODUCTION

A promising direction at the sorption of wastewater treatment is the use of sorption materials industrial and agricultural waste, in particular organic keratin-containing waste from the processing of raw wool. Improving the efficiency of the sorption material by means of chemical modification of the surface with solutions of acids and alkalis. The sorption properties felting production waste: native and modified Knop and burn samples to phenol in static adsorption mode. Modification sorption materials was carried out using 5% sulfuric acid solution. Based on these data, phenol sorption isotherms calculated equation of adsorption processes. It was found that the process of adsorption of phenol native and modified Knop fumes can be described by equations of Langmuir and Dubinin-Radushkevich modified Knop - equations of Freundlich and Dubinin-Radushkevich and native fervor - all three equations: Langmuir, Freundlich and Dubinin-Radushkevich. It was found that the process of physical adsorption of phenol native and modified Knop and fumes occurs in smeshannodifuzionnom mode.

Key words: wool processing waste, phenol, sorption, isotherms of sorption, sorption equation.

Галимова Румия Захидовна, аспирант.

Казанский национальный исследовательский технологический университет.

Адрес: Россия, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

E-mail: rumiushka666@mail.ru

Шайхиев Ильдар Гильманович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной экологии.

Казанский национальный исследовательский технологический университет.

Адрес: Россия, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

E-mail: ildars@inbox.ru

Алмазова Галина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной экологии.

Казанский национальный исследовательский технологический университет.

Адрес: Россия, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

E-mail: -

Свергузова Светлана Васильевна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой промышленной экологии.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: pe@intbel.ru

Павленко В.И., д-р техн. наук, проф.,
Черкашина Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Иваницкий Д.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СИНТЕЗА И МОДИФИЦИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ*

natalipv13@mail.ru

В настоящее время ведутся разработки по применению полимерных композиционных материалов (ПКМ) в космическом пространстве, в частности в качестве терморегулирующих покрытий космических аппаратов. Для синтеза таких композитов необходимо очень тщательно подойти к выбору составляющих их компонентов. В данной работе рассматривается возможность создания наполнителей для ПКМ терморегулирующего назначения на основе вольфрамата свинца модифицированного алюмосилсесквиоксано. Для синтеза наполнителя применялся золь-гель метод. Осажденный при помощи предлагаемой методики нанокристаллический $PbWO_4$, имеет средний размер частиц около 50 нм и истинную плотность 4,8 г/см³. По данным дифференциально-термического анализа полученный вольфрамат свинца имеет повышенную термостабильность по сравнению с вольфраматом свинца, полученным в стандартных промышленных условиях. Полученные олигомерные алюмосилсесквиоксаны являются наночастицами с четко определенной структурой и топологией с твердым ядром из двуокиси кремния размером 0,53 нм и сферическим радиусом 1-3 нм, включающим периферийные органические R-группы. Рентгеноструктурный анализ порошка указывает на аморфно-кристаллический характер вещества со средней величиной аморфного гало, равного около 8,03 Å.

Ключевые слова: неполярная матрица, нанокристаллический наполнитель, вольфрамат свинца, термостойкость, глобулярная структура.

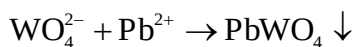
Введение. В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) находят широкое применение, и они занимают все расширяющуюся нишу среди конструкционных материалов, в том числе и в авиационном материаловедении [1]. Это связано с тем, что развитие полимерной химии и методов исследования структуры и морфологии полимерных матриц, используемых в ПКМ, позволяет решать любые технологические задачи направленного создания композитов с требуемым уровнем свойств. Таким образом, существенное облегчение конструкции или изделия на основе ПКМ делают такие материалы незаменимыми и встает вопрос о применении новых технологий их получения, выгодных с точки зрения трудо- и энергозатрат. ПКМ чаще всего состоят из двух компонентов матрицы (связующего) и наполнителя [2]. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, применяя специальные дополнительные реагенты и т.д. можно создавать материалы с различными функциональными свойствами, значительно превосходящие однородные материалы [3].

В настоящее время ведутся разработки по применению ПКМ в космическом пространстве, в частности в качестве терморегулирующих покрытий космических аппаратов [4]. Для синтеза таких композитов необходимо очень тщательно

подойти к выбору составляющих их компонентов. В данной работе рассматривается возможность создания наполнителей для ПКМ терморегулирующего назначения на основе вольфрамата свинца модифицированного алюмосилсесквиоксано. Для синтеза наполнителя применялся золь-гель метод. Популярность золь-гель метода связана в первую очередь с тем, что получаемые материалы обладают рядом уникальных свойств. Это высокая химическая однородность получаемых продуктов, позволяющая существенно снизить температуру и продолжительность термообработки, возможность контролировать размер частиц и структуру пор материалов на разных стадиях синтеза (за счёт изменения продолжительности реакции, температуры, концентрации и химического состава реагентов), изменять реологические свойства дисперсной системы в широких пределах [5–8].

Методология. На первом этапе работы был проведен синтез кристаллов $PbWO_4$, полученных осаждением из водных растворов Na_2WO_4 и $Pb(CH_3COO)_2$. В качестве исходных реагентов использовались следующие соединения: $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$, $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$. Для приготовления растворов этих солей использовались: дистиллированная вода, спирт этиловый 96 %, ацетон марки «ЧДА». Подготовка исходных растворов заключалась в приготовлении

водно-спиртовых и водно-ацетоновых смесей различного объемного соотношения и дальнейшего растворения в этих жидкостях солей-реагентов. Получение вольфрамата свинца основывалось на обменной реакции:



Методика осаждения вольфрамата свинца более подробно описана в [9].

Модифицирование вольфрамата свинца проводилось с использованием нанесения на его поверхность (в процессе синтеза) алюмосилесквиоксана. Химическое строение полиэдраль-

ных олигомерных силесквиоксанов (POSS) можно представить общей формулой $(\text{RSiO}_{1,5})_n$ с $n = 6, 8, 10, \dots$, где R – органический радикал, в т.ч. несущий реакционно-способную группу [10]. Термин «силесквиоксаны» указывает на соотношение между числом атомов кислорода и кремния: *sesqui*=1,5. В приведенной формуле R – периферические группы, находящиеся на внешней стороне ядра; R=H, алкил, алкилен, арил либо арилен.

Структурное представление полиэдральных олигомерных силесквиоксанов, показано на рис. 1.

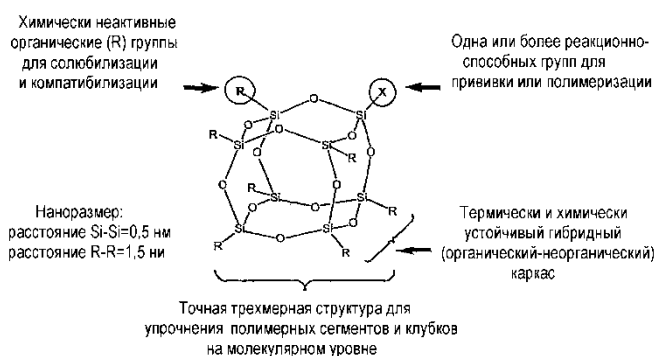


Рис. 1. Структурное представление полиэдральных олигомерных силесквиоксанов

К их отличительным признакам относятся уникальный гибридный (органически-неорганический) состав, который обладает многими желательными физическими характеристиками, такими как термостойкость и устойчивость к окислению, а также хорошей обрабатываемостью и ударной вязкостью. Кроме того, они имеют неорганический скелет, который покрыт снаружи придающими совместимость органическими группами R и реакционноспособными группами X, где R – органический заместитель (H, силокси, циклические или линейные алифатические или ароматические группы, которые могут дополнительно содержать реакционноспособные компоненты, такие, как спирты, сложные эфиры, амины, кетоны, олефины, простые эфиры или галогены). X включает, без ограничений, OH, Cl, Br, I, алкоксид (OR), ацетат (OOCR), пероксид (OOR), амин (NR_2), изоцианат (NCO) и R. Этот неорганический скелет объединяется вместе с периферическими группами с образованием химически точных строительных блоков кубической формы, которые, будучи нанесенными на поверхность, обеспечивают регулярную и хорошо определенную поверхностную топологию.

Особенно благоприятным свойством, наделяемым наноструктурированными модификаторами поверхности, является то, что отдельная молекула способна дать в пять раз большую

площадь покрытия поверхности по сравнению с тем, что дают кремнийорганические аппреты, нанесенные в гипотетической модели монослоя.

При нанесении как на макроскопические поверхности (волокна, наполнители, макрочастицы и т.д.), так и на наноскопические поверхности (наночастицы, наполнители), POSS-полимеры обеспечивают топологию поверхности, которая является истинно наноскопической. В зависимости от числа центров связывания с поверхностью, ячейки POSS собираются на поверхности в регулярную систему, что создает регулярную структуру строительных наноблоков. POSS-силанолы являются наиболее экономичными и приемлемыми объектами для применения в качестве модификаторов поверхности.

Для получения алюмосилесквиоксанов в ацетоне растворяют хлорид алюминия и RSiCl_3 , где R=цикло- C_6H_{11} . Методом гидролитической конденсации при комнатной температуре (20 °C) в течение 24 часов происходит синтез полиэдральных олигосилесквиоксанов частично конденсированной структуры (рис. 2) [11–15].

Известно, что полученным продуктом является легко разделяемая смесь, содержащая около 15 % соединения представленного на рис. 3 (а) и около 45 % соединения представленного на рис. 3 (б) [11–15].

Синтез монофункциональных олигосилсесквиоксана осуществлялся по золь-гель технологии по схеме приведенной на рис. 3, путем взаимодействия

олигосилсесквиоксана конденсированной структуры с четыреххлористым силианом (SiCl_4) при нормальных условиях.

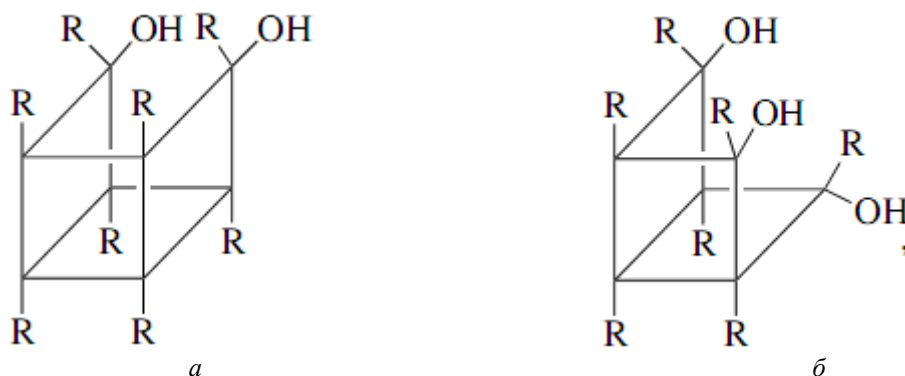


Рис. 2. Структурные формулы полученных олигосилсесквиоксана частично конденсированной структуры

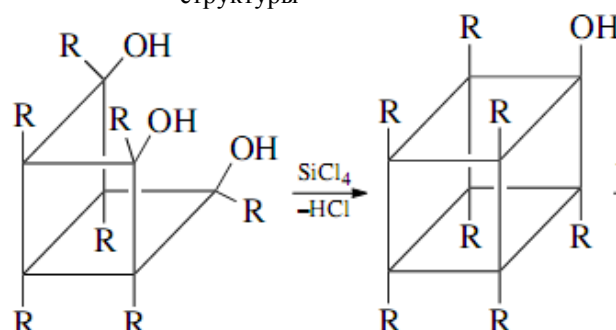


Рис. 3. Схема получения монофункциональных полиэдральных олигосилсесквиоксана конденсированной структуры

Для получения алюмосилсесквиоксана повышают температуру выше 65°C и создаются условия глубокого вакуума, происходит замещение ионов H^+ в группе OH на ион Al^{3+} . Так

как ион алюминия трехвалентен, то каждый ион алюминия способен присоединить к себе до 3-х полиэдральных олигосилсесквиоксана частично конденсированной структуры рис. 4.

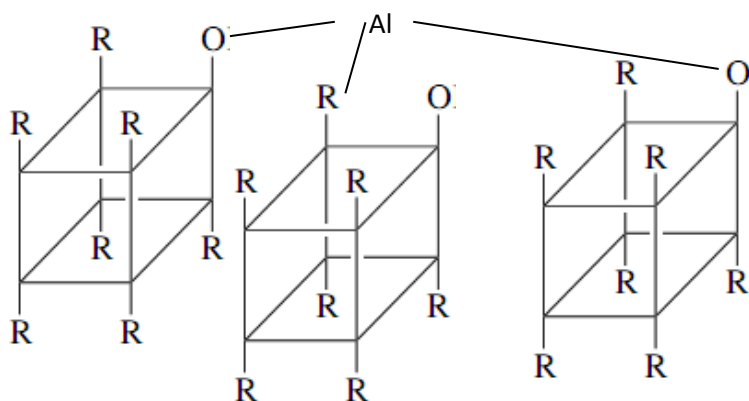


Рис. 4. Схема получения алюмосилсесквиоксана

Далее технологический процесс получения наполнителя состоит в промывке полученного золя от SiCl_4 и HCl с использованием центрифугирования и дальнейшее высушивание геля в вакууме (давление не более 20 Па) – получение порошкообразного продукта.

При исследовании полученного модификатора–алюмосилсесквиоксана были использованы рентгенографический и микроскопический методы исследования. Съемку рентгенограмм осуществляли на рентгеновском дифрактометрическом оборудовании марки ДРОН-3. Рентге-

нограммы записывали в широком интервале углов дифракции 2θ от 4° до 64° с шагом $0,05^\circ$.

Анализ микроструктуры проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU в Центре высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

Основная часть. Осажденный при помощи использованной методики нанокристаллический PbWO_4 , имеет средний размер частиц около 50 нм и истинную плотность $4,8 \text{ г/см}^3$.

Полученный вольфрамат свинца имеет повышенную термостабильность по сравнению с вольфраматом свинца, полученным в стандартных промышленных условиях, на что указывает

положение экзотермического эффекта на кривой ДТА синтезированного вольфрамата свинца (рис. 5).

Так, для вольфрамата свинца зафиксирован экзотермический эффект при 870°C , тогда как для вольфрамата свинца, полученного в стандартных промышленных условиях этот же эффект соответствует 813°C . Т.е. он смещается в высокотемпературную область на 57° . Термогравиметрическое исследование показало, что потеря массы вольфрамата свинца незначительна на всем промежутке исследования (от 0 до 1000°C).

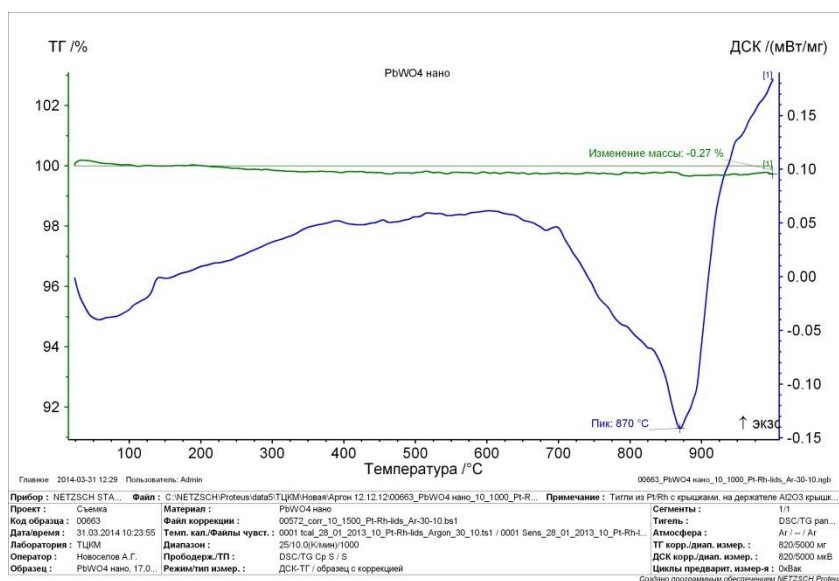


Рис. 5. Термограмма синтезированного вольфрамата свинца

Для получения алюмосилесквиоксана в ацетоне растворяют хлорид алюминия и RSiCl_3 , где $\text{R}=\text{цикло-}\text{C}_6\text{H}_{11}$. Методом гидролитической конденсации при комнатной температуре (20°C) в течение 24 часов происходит синтез полиэдральных олигосилесквиоксана частично конденсированной структуры. По данным рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии установлено, что полученным продуктом является смесь, содержащая около 13–17 % соединений с двумя группами OH^- и 43–49 % соединения с тремя группами OH^- .

Данная смесь легко разделяется при помощи центрифугирования на малых оборотах 2000/мин (более тяжелое соединение уходит вниз пробирки, а более легкое поднимается вверх).

Полученные алюмосилесквиоксаны представляют собой осадок белого цвета. Дальнейшие действия направлены на отмывку полученного вещества от ацетона. В работе использовали центрифугирование на больших оборотах 6000/мин. для отделения твердой фазы

от исходных продуктов реакции с последующей промывкой и повтором данных операций несколько раз.

Полученные олигомерные алюмосилесквиоксаны являются наночастицами с четко определенной структурой и топологией с твердым ядром из двуокиси кремния размером 0,53 нм и сферическим радиусом 1–3 нм, включающим периферийные органические R-группы.

Рентгеноструктурный анализ порошка указывает на аморфно-кристаллический характер вещества со средней величиной аморфного гало, равного около $8,03 \text{ \AA}$. Установлено, что кристаллические рефлексы (пики) принадлежат полиэдральным силесквиоксанам, которые являются наноструктурированными молекулярными системами, имеющими кристаллическую ячейку и способность агрегироваться и формировать нанокристаллы. В то же время гибридные материалы не являются индивидуальными соединениями. Согласно масс-спектроскопическим исследованиям, в нем содержатся также олигосилесквиоксаны со значениями массы, не соответ-

ствующими полиэдральным структурам, вследствие чего профиль широкоугольной рентгеновской дифрактограммы содержит как кристаллические рефлексы (соответствующие алюминие-

вой составляющей), так и аморфное гало (соответствующее кремниевой составляющей).

На рис. 6 представлена микрофотография модифицированного алюмосилсесквиоксаном вольфрамата свинца.

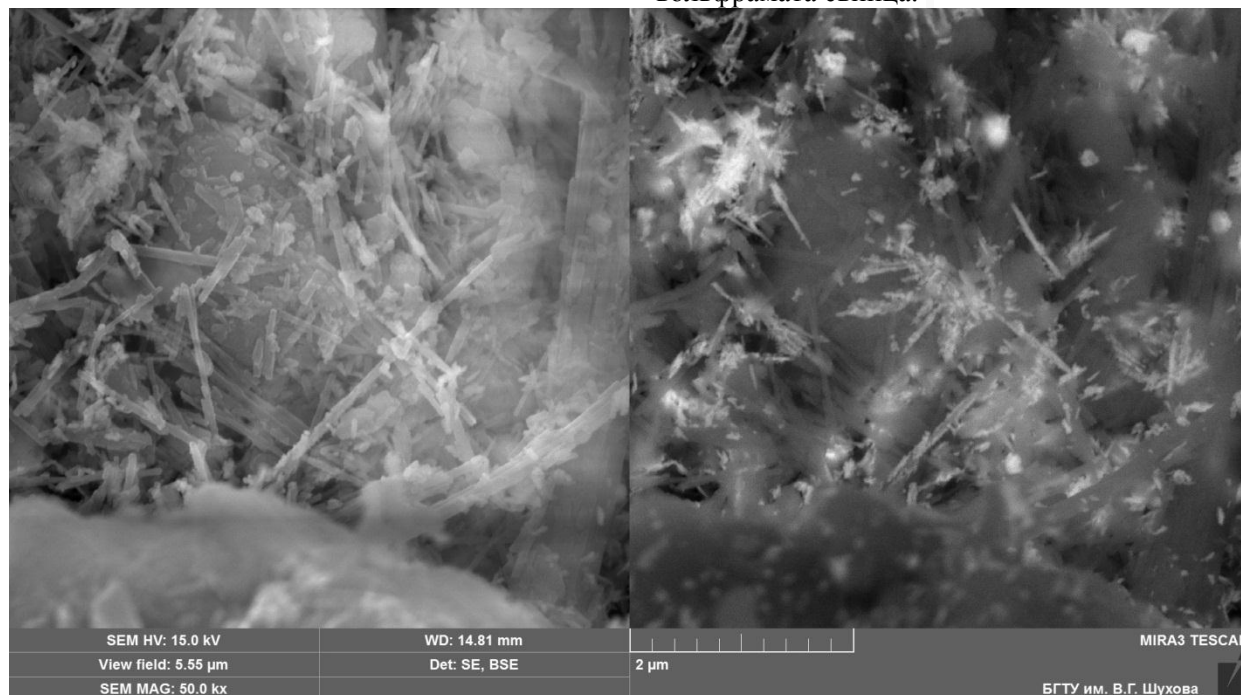


Рис. 6. Микрофотография модифицированного алюмосилсесквиоксаном вольфрамата свинца

Установлено, что полученный наполнитель имеет глобулярную структуру с размером глобулярных частиц от 150 до 300 нм. Частицы алюмосилсесквиоксанов при данном разрешении не наблюдаются, это говорит о том, что имея маленький размер 1-3 нм, они полностью осаждаются на частицах вольфрамата свинца, тем самым создавая совместимость с полимерной матрицей

Выводы. Модифицирование вольфрамата свинца алюмосилсесквиоксанами обеспечит ковалентное связывание неорганического наполнителя с полимерной неполярной матрицей. Частицы с размером 1-3 нм, равномерно распределенные в полимерной неполярной матрице, обеспечат значительно большую площадь межфазной поверхности между наночастицами и полимерной матрицей и, следовательно, большую степень сшивки, чем обычные (немодифицированные) частицы вольфрамата свинца с глобулярным размером 150-300 нм. Можно предположить, что при одной и той же концентрации неорганического наполнителя вольфрамата свинца модифицирование 1-3 нм частиц алюмосилсесквиоксанов приведет к более значительному улучшению термических свойств композиционного материала.

**Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект № 11.2034.2014/К.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев М.М., Орлов Е.В. Современные полимерные композиционные материалы и технологии для авиационной промышленности // Все материалы. Энциклопедический справочник, 2015. № 1. С. 10–14.
2. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. Ред. В.В. Васильева, Ю.М. Таронопольского. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.
3. Черкашина Н.И., Сухорослова В.В. Разработка высоконаполненного полимерного композита, наполненного тяжелыми элементами // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция, 2015. С. 124–128.
4. Черкашина Н.И. Устойчивость терморегулирующих покрытий на основе полимерных композитов к микрометеоритному воздействию // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6-2 (48). С. 165–170.
5. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 208 с.
6. Cheong K.Y., Muti N., Ramanan S.R. Electrical and optical studies of ZnO:Ga thin films fab-

ricated via the sol-gel technique. // Thin Solid Films. 2002. V. 410. pp. 142–146.

7. Li Y., Xu L., Li X., Shen X., Wang A. Effect of aging time of ZnO sol on the structural and optical properties of ZnO thin films prepared by sol-gel method. // Applied Surface Science. 2010. V. 256. pp. 4543–4547.

8. Raoufi D., Raoufi T. The effect of heat treatment on the physical properties of sol-gel derived ZnO thin films. // Applied Surface Science. 2009. V. 255. pp. 5812–5817.

9. Пат. 2577581. Способ получения высокодисперсного нанокристаллического вольфрамата свинца / В. И. Павленко, И. В. Соколенко, Р. Н. Ястребинский; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015102329/05; заявл. 26.01.15; опубл. 20.03.16, бюл. № 8. – 7 с.

10. Терещенко Т.А., Шевчук А.В., Шевченко В.В. Октаэдральные силсесквиоксаны и их применение для синтеза органо-неорганических нанокомпозитов // Полімерний журнал. 2005. Т. 27. №1. С. 3–12.

11. Гомза Ю.П., Фоменко А.А., Несин С.Д. Особенности формирования структуры органо-неорганических нанокомпозитов на основе сил-

сесквиоксано-содержащих полиэфирамидоуретанов // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнології. 2008. Т. 6. № 3. С. 965–976.

12. Головкин Л.В., Тычинин И.В., Гомза Ю.П. Высокопористые наноструктурированные материалы на основе мостиковых триалкилсисиланов с высоким содержанием аминогрупп // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского Серия «Биология, химия». Том 24 (63). 2011. № 3. С. 67–75.

13. Haddad T.S., Lichtenhan J.D. Hybrid Organic-Inorganic Thermoplastics: Styryl-Based Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane Polymers // Macromolecules. 1996. vol. 29. pp. 7302–7304.

14. Гуменная М.А., Шевчук А.В., Клименко Н.С., Шевченко В.В. Полиуретаны на основе полиэдральных олигосилсесквиоксанов (POSS) // Полімерний журнал. 2007. Т. 29. №3. С. 177–185.

15. Копылова Т.Н., Майер Г.В., Самсонова Л.Г. Твердотельные активные среды перестраиваемых лазеров на основе органических соединений // Известия высших учебных заведений. Физика. 2010. № 5/2 С. 66–74.

Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Ivanitsky D.A.

INVESTIGATION OF THE MECHANISMS OF SYNTHESIS AND MODIFICATION OF NANOCRYSTALLINE FILLERS OF POLYMERIC MATRICES

Currently being developed for the application of PCM in the outer space, in particular as thermal control coatings of spacecraft. For the synthesis of such composites should be very careful approach to the selection of components. In this paper we consider the possibility of creating fillers for PCM expansion based on tungstate-modified aluminosilicate. For the synthesis of filler was applied to the Sol-gel method. Compared with the proposed methods of nanocrystalline $PbWO_4$, has an average particle size of about 50 nm and a true density of 4.8 g/sm³. According to the data of differential thermal analysis obtained tungstate of lead has increased thermostability compared to the tungstate of lead is obtained in standard industrial conditions. Obtained oligomeric aluminosilicate are nanoparticles with a clearly defined structure and topology of a solid core of silicon dioxide with a size of 0.53 nm and a spherical radius of 1-3 nm including peripheral organic R-group. X-ray diffraction analysis of the powder indicates the amorphous-crystalline character of the substance to the average size of the amorphous halo is about 8,03 Å.

Key words: non-polar matrix, nanocrystalline filler, tungstate of lead, thermal stability, globular structure.

Павленко Вячеслав Иванович, доктор технических наук, директор химико-технологического института Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: belpavlenko@mail.ru

Черкашина Наталья Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: natalipv13@mail.ru

Иваницкий Денис Андреевич, магистрант кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: rezus94dan@yandex.ru

DOI: 10.12737/22103

*Шахова Л.Д., д-р техн. наук, проф.,
Черноситова Е.С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Березина Н.М., канд. хим. наук, руководитель химической группы,
Данилин А.А., ведущий инженер-технолог,
ООО «Полипласт Новомосковск»*

КОМПОЗИЦИОННЫЕ РАЗЖИЖИТЕЛИ СЫРЬЕВЫХ ШЛАМОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ES-Helen@yandex.ru

Приводятся результаты исследований по подбору композиционного состава разжижителей сырьевого шлама цементного производства. Исследования проведены с использованием математического планирования эксперимента на сырьевых шламах трех цементных предприятий. Установлено, что на подвижность сырьевого шлама оказывает влияние физико-химические особенности сырьевых компонентов и композиционный состав разжижителя. Полученные закономерности течения сырьевых шламов позволяют подобрать наиболее эффективную композицию основных компонентов разжижителя для шлама конкретного предприятия.

Ключевые слова: сырьевой шлам, реологические свойства, реологические константы, разжижители шлама, композиционный состав разжижителя.

В настоящее время более 50 % портландцементного клинкера выпускается по старой технологии мокрого способа, которая предусматривает приготовление сырьевого шлама с влажностью 28–45 %.

Сырьевой шлам представляет собой дисперсную систему, состоящую из элементарных частиц глины, карбонатного компонента, корректирующих железосодержащих добавок и взаимодействующей с ними среды – воды. Значительное количество минеральных частиц имеет размер 3–10 мкм, 2–3 % менее 3 мкм, и всего 4–6 % частиц размером более 200 мкм [1]. Как любая грубодисперсная система, сырьевой шлам подвержен расслоению и потере подвижности (текучести).

Реологические характеристики сырьевого шлама в цементной промышленности определяют в первую очередь работу всех транспортирующих и перемешивающих средств, а также поведение шлама во вращающейся печи в зоне подогрева и сушки [2]. Практически на всех цементных заводах мокрого способа растекаемость нормируется в очень узких пределах от 49 до 50 мм по техническому вискозиметру – текучестемеру МХТИ ТН-2. Но при заданном значении растекаемости влажность сырьевого шлама даже на отдельном предприятии может колебаться довольно в широких пределах ($\Delta W=2-3\%$) и определяется многими параметрами, в первую очередь, минералогическим составом основных сырьевых компонентов, их соотношением, микроструктурой складывающихся пороуд частиц, воднофизическими свойствами сырья [4–6].

Известно, что на испарение 1 кг воды из сырьевого шлама во вращающейся печи в зоне цепных завес расходуется от 2380 до 2256 кДж [3]. Таким образом, снижение влажности шлама на 3 % в зависимости от исходной влажности приводит к снижению энергетических затрат в тепловом балансе на обжиг в расчете на 1 тн клинкера от 220 (при $W_{исх}=31\%$) до 350 Мдж (при $W_{исх}=45\%$).

Для снижения влажности шлама при сохранении нормируемой растекаемости цементные предприятия применяют различные разжижители [7], например разжижитель шлама линейки «Литопласт М» производства ООО «Полипласт Новомосковск». Основным показателем эффективности применения разжижителя является его расход в пересчете на 1 тонну клинкера при снижении влажности не менее 3 %. На предприятии нормированные показатели растекаемости 48–50 мм удерживаются за счет изменения расхода разжижителя. Как показала длительная практика применения разжижителя на ряде цементных заводов, расход добавки меняется довольно в широких пределах от 1,4 до 4,5 кг в пересчете на 1 тонну клинкера.

Целью данного исследования является подбор эффективного композиционного состава разжижителя, позволяющего повысить подвижность сырьевого шлама и сохранить ее в течение 3 суток для двух цементных предприятий.

В состав композиционной добавки входит до 5 компонентов, каждый из которых оказывает влияние на подвижность того или иного компонента сырьевого шлама. Синергетическое сочетание правильно выбранных компонентов (ПАВ и электролитов) позволяют повысить подвиж-

ность шлама на 5–10 мм, что предполагает снижение влажности для сохранения заданной текучести на 3–4 %.

В качестве исследуемых шламов использовали сырьевые шламы двух цементных пред-

приятий. Химический состав отдельных сырьевых шламов и их модульные характеристики представлены в табл. 1. Состав сырьевой шихты представлен в табл. 2.

Таблица 1

Химический состав сырьевых шламов

Индекс шлама	Химический состав сырьевого шлама, мас. %						КН и модули		
	ППП	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	прочие	КН	n	p
КЦ	34,6	13,64	3,12	3,70	42,71	2,23	0,95	2,0	0,84
МЦ	34,33	13,76	3,60	3,28	42,93	2,1	0,93	2,0	1,4

Таблица 2

Состав сырьевой шихты по сухому веществу

Компоненты	Индекс шлама	
	КЦ	МЦ
Карбонатный	80,62	76,12
Глинистый	15,78	22,72
Железосодержащий		
Компонент 1	1,8	1,16
Компонент 2	1,8	

Как видно, составы шламов отличаются по содержанию глинистого компонента, кроме этого в шлам КЦ вводится комплексная железосодержащая добавка, при этом глинистые и карбонатные компоненты отличаются представленными породами.

В состав композиционного разжижителя входят сложные смеси ПАВ на основе полиметиленафталинсульфонатов (компонент 1 (комплексный) и компонент 2). Это гибридные полимеры, формально обладающие основными признаками полиэфиркарбоксилатов с длинной основной цепью, состоящей из нескольких типов элементарных звеньев: сульфогрупп и боковых цепей полиалкиленоксидного типа. Механизм разжижающего действия ПАВ основан на адсорбции полимеров на поверхности частиц сырьевых компонентов с вытеснением молекул воды в свободное пространство, что позволяет снижать влажность сырьевых шламов при постоянном значении растекаемости. Кроме этого, для сжатия двойногоэлектрического слоя вокруг

минеральных частиц, в состав разжижителя вводится ионная добавка, позволяющая стабилизировать подвижность шлама во времени (компонент 3).

Все сырьевые компоненты шлама согласно расчету сырьевой шихты загружались в лабораторную шаровую мельницу, в которую добавлялось расчетное количество воды для получения шлама заданной влажности. Сырьевые компоненты загружались с учетом природной влажности, чтобы не нарушить исходную структуру минералов сырья. Помол осуществляли в течение 30 минут до остатка на сите №008 2-4 мас. %.

Для определения подвижности сырьевого шлама в присутствии разжижителя от общей массы шлама отбиралась пробы по 100 г, в которые вводили требуемое количество добавки.

Количество вводимой добавки рассчитывали на сухой шлам (с учетом влажности) по формуле:

$$V = (M \cdot (100 - w) \cdot D \cdot 10^6) / (C \cdot \rho \cdot 100), \text{ мл} \quad (1)$$

где М – масса шлама в кг; D – дозировка разжижителя, %; С – концентрация раствора разжижителя, %; ρ – плотность разжижителя, кг/м³; w – влажность шлама, %.

Шлам с добавкой разжижителя тщательно перемешивали в стакане в течение 2 мин. Текучесть шлама определялась замером диаметра расплыва материала на приборе МХТИН-2 с точностью до 1 мм в четырех взаимно перпендикулярных направлениях.

С целью определения влияния разжижителя на растекаемость, исходные шламы (без доба-

вочные) доводились до влажности, при которой текучесть составляла 48...49 мм. Влажность шламов, в которые затем вводились разжижители, доводилась до влажности, при которой растекаемость составляла 40,5... 41 мм.

Пробы шлама с добавлением разжижителя плотно закрывали, чтобы они не теряли влажность, и после 3 суток хранения при температуре (20±2) °С проверяли на «сохраняемость» по текучести.

Подбор состава композиционного разжижителя велся с применением полного факторного

эксперимента (ПФЭ) для трех независимых факторов, который включает в себя 2k опытов [8, 9]. В общем случае ПФЭ позволяет найти 2k коэффициентов регрессии при 2k базисных функциях.

Для снижения числа опытов, необходимых для установления зависимости между исследуемыми переменными величинами число факторов было снижено до трех: фактор 1 (X) – двухкомпонентная смесь ПАВ полиметиленафталин-

сульфонатов с разными молекулярными массами; фактор 2 (Y) – смесь модифицированных лигнополимеров; фактор 3 (параметр Z) – ионная добавка. В качестве выходных параметров (откликами системы) служили значения подвижности (текучести) сырьевого шлама и «сохраняемость» подвижности через 3-е суток. По результатам подвижности и «сохраняемости» были получены уравнения зависимости (табл. 3)

Таблица 2

Уравнения зависимости

Индекс шлама	Параметр	Уравнение поверхности отклика
КЦ	текучесть	$y_{\text{КЦ}} = 59,9x + 54,0y + 55,7z$
МЦ		$y_{\text{МЦ}} = 53,7x + 51,6y + 57,1z$
КЦ	«сохраняемость»	$y_{\text{КЦ}} = 53,9x + 48,8y + 62,1z$
МЦ		$y_{\text{КЦ}} = 49,1x + 47,9y + 51,3z$

Полученные результаты по подвижности шлама в зависимости от композиционного состава разжижителя представлены графически (рис. 1-2).

Зависимости текучести и сохраняемости цементных шламов от соотношения разжижителей в программе Statistica представлены в виде категоризированных тернарных графиков [10]. Для их построения используется треугольная система координат. Все точки располагаются внутри равностороннего треугольника, в вершинах которого одна из переменных принимает максимальное значение (1,0), а остальные равны нулю. На тернарной поверхности значения четвертой переменной (функции отклика) изобра-

жены в зависимости от соотношения трех других. Любая трехкомпонентная смесь может быть обозначена точкой в треугольной системе координат, заданной тремя переменными. Три компоненты представлены осями, которые проходят из вершины треугольника до середины противоположного основания (медианами треугольника), и положение каждой точки определяется значениями, отложенными по соответствующим осям.

На основе экспериментальных данных в программе Statistica были получены аналитические зависимости и прогнозируемые значения исследуемых показателей в зависимости от соотношения компонентов разжижителей 1, 2 и 3.

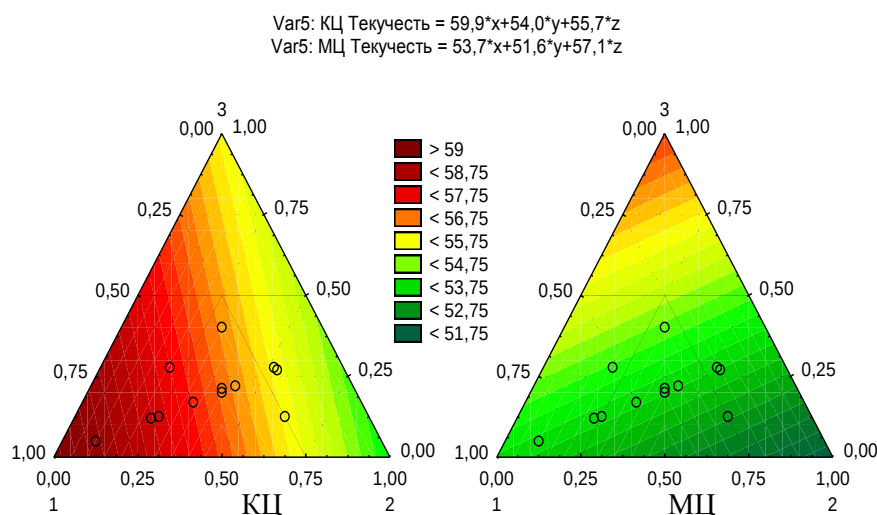


Рис. 1. Текучесть шлама

Как видно из представленных графиков (рис.1) на значения подвижности шлама оказывает состав исходной смеси: при одних и тех же соотношениях добавок подвижность шламов МЦ ниже, чем у шламов КЦ.

Для шлама КЦ более высокие значения текучести получаются при увеличении относительного содержания компонента 1; для шлама

МЦ вероятный более значимый эффект должен наблюдаться при увеличении содержания компонента 3. Значительное падение текучести для обоих шламов наблюдается при вводе компонента 2 (на 5 мм) в составе композиционного разжижителя. Степень влияния каждого из компонентов отражается рассчитанными в программе коэффициентами аналитической зависи-

мости текучести шламов от соотношения компонентов 1 (x), 2(y) и 3 (z).

Из полученных графиков можно определить оптимальные соотношения разжижителей для получения требуемой подвижности.

На рис.2 представлены графические зависимости по сохраняемости текучести шлама во времени.

Из графика сохраняемости и полученной аналитической зависимости видно, что более сильное влияние на этот показатель оказывает компонент 3.

$$\text{Var5: КЦ Сохраняемость} = 53,5 \cdot x + 48,8 \cdot y + 62,1 \cdot z$$

$$\text{Var5: МЦ Сохраняемость} = 49,1 \cdot x + 47,9 \cdot y + 51,3 \cdot z$$

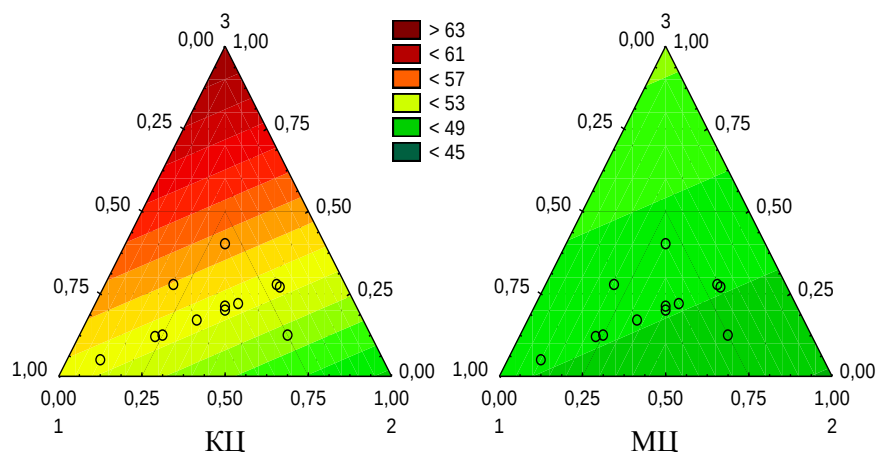


Рис. 2. «Сохраняемость» текучести

Для шлама МЦ, для которого, как и в случае с показателем текучести, характерны более низкие значения сохраняемости в сравнении с КЦ. Во обоих случаях наблюдается примерно одинаковое влияние компонентов добавки.

Опираясь на результаты эксперимента без учета прогнозируемых значений исследуемых показателей можно констатировать, что наибольший эффект на текучесть и сохраняемость подвижности обоих шламов - КЦ и МЦ - оказывает содержание добавки 1: чем больше ее в составе комплексного разжижителя, тем выше текучесть и лучше сохраняемость.

Компонент 1, судя по рассчитанным в программе прогнозам, и на практике оказывает очень сильное влияние на текучесть сырьевого шлама в первый момент, чем 3. Но с течением времени его действие ослабевает, и через 3-е суток подвижность шлама определяется присутствием компонента 3.

Агрегативная устойчивость и подвижность водных дисперсий минеральных частиц определяется молекулярными и электростатическими силами, структурным фактором, действие которого проявляется при сближении гидрофильных минеральных частиц, а также дополнительным фактором – покрытием частиц слоем ПАВ. При стабилизации молекулами ПАВ поверхность частиц приобретает свойства стабилизатора. Стабилизация зависит от силы закрепления молекул стабилизатора на поверхности частиц

дисперсной фазы и от степени ее заполнения. Увеличение того или иного параметра повышает устойчивость системы. Особенно сильным стабилизирующим действием обладают молекулы ПАВ, способные образовывать на поверхности минеральных частиц двумерную пленку, обладающую повышенными структурно-механическими свойствами. Концентрируясь в поверхностном слое частицы, при высокой концентрации ПАВ могут образовывать даже гелевидную пленку, снизить одновременно поверхностное натяжение, предохраняя тем самым частицы от слипания через поверхностные слои.

Отдельные исследования показали, что полимеры нафталинсульфоната с разной молекулярной массой лучше адсорбируются на поверхности карбонатных частиц шламов и создают стерический эффект отталкивания. В составе шлама КЦ больше входит карбонатного компонента (80,62%), чем в шламе МЦ (76,12%), что позволяет получать более подвижные шламы при равной дозировке разжижителя и повышенном содержании в композиции разжижителя ПАВ. Адсорбционный слой ПАВ способствует сохранению карбонатных частиц на большем расстоянии друг от друга, снижая силы трения между ними, что позволяет снизить влажность шлама при сохранении его подвижности.

Глины представляют собой полиминеральную и полидисперсную породу. Именно высокодисперсные частицы глинистых минералов

придают сырьевым шламам цементного производства специфические свойства, в том числе тиксотропное структурообразование. Причем, чем больше в составе сырьевого шлама глины, тем ниже их текучесть и тем быстрее она снижается. Такой же эффект наблюдается, если в составе глины больше присутствует монтмориллонита, чем каолинита. Это объясняется повышенной обменной емкостью и удельной поверхностью монтмориллонитовых глин, чем каолинитовых. Монтмориллониты (как и все смектиты) имеют разбухающую решетку, что повышает его коллоидную активность, приводит к многократному увеличению удельной поверхности. В монтмориллоните преобладают замещения Al^{3+} на Ca^{2+} из карбонатных пород. Если один атом Al^{3+} замещается Ca^{2+} , возникает дефицит заряда, появляется отрицательный потенциал на поверхности частицы, который компенсируется адсорбцией катиона. Исключительно важная роль для устойчивости и подвижности тонкодисперсных систем из глинистых минералов принадлежит образованию, изменению и взаимодействию ДЭС, проявлению сил взаимодействия между коллоидными частицами [6]. Присутствие высоких концентраций в составе разжижителя электролита позволяет сжать диффузный слой глинистых мицелл вплоть до объема адсорбционного слоя и снизить ζ -потенциал и даже привести к перезарядке его величины с противоположным знаком. Именно в присутствии электролита (компонент 3) текучесть шлама МЦ повышается значительно эффективнее, чем шлама КЦ. Кроме того, именно присутствие электролитов позволяет повысить агрегативную устойчивость и текучесть сырьевым шламам, что подтверждается графически (рис. 2). В области компонента 3 на графиках сохранения наблюдаются зоны с повышенным значением подвижности шламов.

Полученные результаты еще раз свидетельствуют о необходимости подбора состава разжижителя с учетом особенностей сырьевой базы предприятия и технологических переделов сырьевого отделения. Использование математиче-

ского планирования эксперимента уменьшает трудозатраты при подборе композиционного состава разжижителя для конкретного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бут Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В., Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школы 1980. 472 с.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986. 463 с.
3. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 307 с.
4. Шахова Л.Д., Маркова С.В., Шадская Ю.С., Воронич С.С. Воднофизические свойства меловых суспензий в зависимости от микроструктурных особенностей породы и присутствия разжижителей // Цемент и его применение. 2013. №6. С. 90–95.
5. Пен Р.З., Чендылова Л.В., Шапиро И.Л. Реологические свойства меловальных суспензий. Эффекты взаимодействия в многокомпонентных системах // Химия растительного сырья. 2005. №2. С. 11–14.
6. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1989. 211 с.
7. Ломаченко Д.В., Шаповалов Н.А., Яшуркаева Л.И. Модифицирование свойств цементных шламов с использованием различных добавок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 137–139
8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий /Ю.П. Адлер,. М.: Наука, 1976.
9. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. Киев.: Наук. Думка, 1980 . 207 с.
10. Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер. 2003. 688 с.

Shahova L.D., Chernositova E.S., Berezina N.M., Danilin A.A.

COMPOSITE THINNERS RAW SLUDGE IN CEMENT PRODUCTION

The results of research on the selection of the composition of the raw slurry thinners in cement manufacture. Research carried out using mathematical planning of the experiment on raw sludge from two cement plants. It is established that the mobility of the raw material slurry is influenced by the physico-chemical characteristics of raw materials and the composition of the diluent. The obtained regularities of the flow of raw sludge to find the most effective composition of the main components of the diluent for slurry of a particular company.

Key words: raw sludge, rheological properties, rheological constants, thinners sludge, composition of the diluent.

Шахова Любовь Дмитриевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: Luba.shakhova2015@yandex.ru

Черноситова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры СиУК
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: ES-Helen@ yandex.ru

Березина Наталья Михайловн, кандидат химических наук, руководитель химической группы научно-технического центра небетонного направления.
ООО «Полипласт Новомосковск»
Адрес: Россия, 301661, Новомосковск, Тульская обл, Комсомольское шоссе, 72.
E-mail: Berezina_nm@polyplast-nm.ru

Данилин Александр Александрович, ведущий инженер-технолог научно-технического центра небетонного направления.
ООО «Полипласт Новомосковск»
Адрес: Россия, 301661, Новомосковск, Тульская обл, Комсомольское шоссе, 72.
E-mail: Danilin_aa@polyplast-nm.ru

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Богачева М.А., магистрант,
Косухин А.М., аспирант,
Чайкина Е.Е., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ДЕЙСТВИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДИФИКАТОРА СБ-7 В МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЯХ НА ОСНОВЕ ТОНКОМОЛОТЫХ ЦЕМЕНТОВ*

mkosuhin@mail.ru

Обобщены и систематизированы результаты исследований коллоидно-химических свойств эффективного полифункционального модификатора для направленного регулирования свойств цементосодержащих композитов, полученного на основе отходов химического производства – легкой пиролизной смолы. Изложены результаты исследований адсорбционных процессов, влияния модификатора на электрокинетический потенциал, реологические параметры, агрегативную и седиментационную устойчивость минеральных суспензий на основе тонкомолотых цементов. Проведена сравнительная характеристика полученного модификатора с известными аналогами. На основании проведенных экспериментальных исследований и литературных данных сформулированы основные положения о необходимых качествах модификаторов, позволяющие судить о механизме их действия и показывающие, что механизм действия модификаторов обусловлен совместной работой адсорбционно-сольватного и электростатического факторов. Выключение одного из них приводит к потере активности модификатора.

Ключевые слова: полифункциональные модификаторы, коллоидно-химические свойства, механизм действия, агрегативная устойчивость, реологические свойства, адсорбция, электрокинетический потенциал.

Введение. В связи с тенденцией снижения энергоемкости производства строительных материалов в условиях развивающегося энергетического кризиса, и в частности, наиболее энергоемкого производства цементов, в настоящее время остро стоит проблема снижения их себестоимости. Одним из путей решения поставленной задачи является повышение активности рядовых цементов и снижение части клинкерной составляющей путем их механохимической обработки в присутствии высокоэффективных полифункциональных модификаторов (ПФМ).

В этой связи актуальной является проблема разработки эффективных дешевых ПФМ, изучение механизма их действия, влияния на физико-механические и эксплуатационно-технологические свойства цементосодержащих композитов. Вопросами разработки различных модификаторов на протяжении длительного периода занимаются многочисленные исследователи и научные школы [1, 2, 3]. Разработаны целые классы ПФМ различного назначения [4, 5, 6]. При этом большинство из них «смесового» состава, что усложняет и удорожает как технологию их введения в бетонные смеси из-за дополнительного технологического оборудования, так и с точки зрения совместимости компонентов и различий в

механизмах действия, в результате чего могут проявляться отрицательные эффекты с негативными последствиями. В этой связи, в ходе постановки эксперимента была поставлена задача синтеза ПФМ, активное вещество которого обладало бы полифункциональностью. В ходе проведения испытаний были изучены коллоидно-химические свойства нового ПФМ, синтезированного на основе отходов химического производства – легкой пиролизной смолы и проведены сравнительные испытания с известными отечественными и зарубежными аналогами. Показано, что разработанный ПФМ обладает полифункциональным действием и его применение позволяет значительно сократить расход портландцементного клинкера путем замены минеральными добавками.

Методология. В работе были проведены исследования коллоидно-химических свойств модифицированных минеральных суспензий, наиболее широко применяемых в строительной индустрии.

Исследование подвижности модифицированных цементных суспензий производили с помощью мини-конуса, в соответствии с методикой НИИЖБ Госстроя [7], заключающейся в определении диаметра расплыва цементной суспензии под действием силы тяжести.

Исследования реологических свойств цементного теста, растворов, а также подбор состава цементобетона производили в соответствии с методологией, разработанной в НИИЖБ, по применению добавок различного типа в технологии сборного и монолитного бетона [8].

Для исключения фактора нестабильности дисперсной фазы и дисперсионной среды при взаимодействии цемента с водой, для изучения влияния ПФМ на коллоидно-химические свойства в качестве модельной использовали меловую суспензию. CaCO_3 обладает низкой растворимостью ($\text{ПР } 1 \cdot 10^{-8}$) и содержит катионы, входящие в состав большинства клинкерных минералов цемента. Изучение механизма действия ПФМ проводили по результатам выполнения стандартных исследований коллоидно-химических свойств и модифицированных минеральных суспензий.

Исследования реологических параметров суспензий проводили с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2». Концентрацию ПФМ (См) рассчитывали в мас.% по сухому веществу от количества дисперсной фазы. В ходе исследований определяли зависимость между значениями сдвигающего напряжения и скоростью сдвига. По полученным результатам строили реологические кривые, по которым определяли предельное напряжение сдвига τ_0 и пластическую вязкость $\eta_{\text{пл}}$.

Агрегативную устойчивость меловых суспензий оценивали по наивероятнейшему радиусу частиц, с помощью седиментационного анализа.

Для нахождения электрокинетических свойств поверхности использовали метод потенциала течения с учетом поверхностной проводимости, позволяющей определять ζ -потенциал в концентрированных суспензиях.

Для установления состава и строения олигомерных молекул применяли газожидкостную и жидкостную хроматографию, ультрафиолетовую и инфракрасную спектроскопию, спектроскопию ядерно-магнитного резонанса, кондукто- и потенциометрию. Молекулярный вес синтезированных олигомеров определяли методом криоскопии.

Для выяснения механизма действия модификаторов были применены физико-химические методы исследования. Изучались водные растворы модификаторов, кинетика твердения цементного теста, изменение фазового состава образцов цементного камня с добавками, разовые превращения в модельных системах и клинкерных минералах при гидратации и твердении.

Основная часть. Наличие резко выраженного силового поля поверхности

раздела фаз может вызывать изменение состава приповерхностного слоя: различные вещества, в зависимости от их природы, могут концентрироваться вблизи поверхности или, наоборот, уходить в объем фаз. Это явление, называемое адсорбцией, приводит к изменению свойств поверхности раздела, в частности поверхностного натяжения. В дисперсных системах с жидкой дисперсионной средой адсорбционные слои на поверхности частиц дисперсной фазы могут существенно изменять условия их взаимодействия и тем самым свойства системы в целом, включая устойчивость. Адсорбционные процессы понижают поверхностную энергию Гиббса системы, поэтому протекают самопроизвольно и приводят к накоплению растворенных веществ на границе раздела фаз. Очевидно, чем сильнее развита поверхность раздела фаз (высокая степень измельчения или пористости вещества), тем больше свойства системы в целом зависят от ее поверхностных свойств.

Оптимальное количество вводимого ПФМ, и таким образом, его эффективность во многом определяется адсорбцией на поверхности цементных частиц и частиц ММС – отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, используемых в качестве минеральной добавки при получении тонкомолотых цементов (ТМЦ). С этой целью были исследованы адсорбционные процессы на поверхности частиц различных ТМЦ в присутствии ПФМ СБ-7.

Изотермы адсорбции СБ-7 для различных ТМЦ приведены на рис. 1.

Как видно из полученных данных, изотермы адсорбции во всех случаях носят мономолекулярный характер. При малых равновесных концентрациях наблюдается почти полное извлечение адсорбата из раствора, при дальнейшем увеличении концентрации кривые выходят на насыщение и адсорбция достигает своего максимального значения. При этом следует отметить некоторые особенности: при переходе от бездобавочных вяжущих к вяжущим с микронаполнителем величина максимальной адсорбции несколько снижается. Это связано с более низкой адсорбционной способностью отходов ММС железистых кварцитов и шлака по сравнению с клинкерными минералами. В целом, адсорбция увеличивается по направлению отходы ММС → шлак → клинкер.

При расчете дозировки добавки, необходимой для образования мономолекулярного слоя, нужно учитывать максимальную адсорбцию и соответствующую

ей равновесную концентрацию. Расчет производили по формуле:

$$C_m = \frac{(\Gamma_{\max} \cdot m \cdot S_{уд} + C_p \cdot V_p) \cdot 100}{m}, \quad (1)$$

где C_m – процент от дисперсной фазы – дозировка добавки, необходимая для

образования монослоя; C_p , г/л – равновесная концентрация добавки при образовании монослоя; $\Gamma_{\max}$, г/м² – максимальная адсорбция добавки; m , г – масса дисперсной фазы; $S_{уд}$, м²/г – удельная поверхность дисперсной фазы; V_p , л – объем раствора.

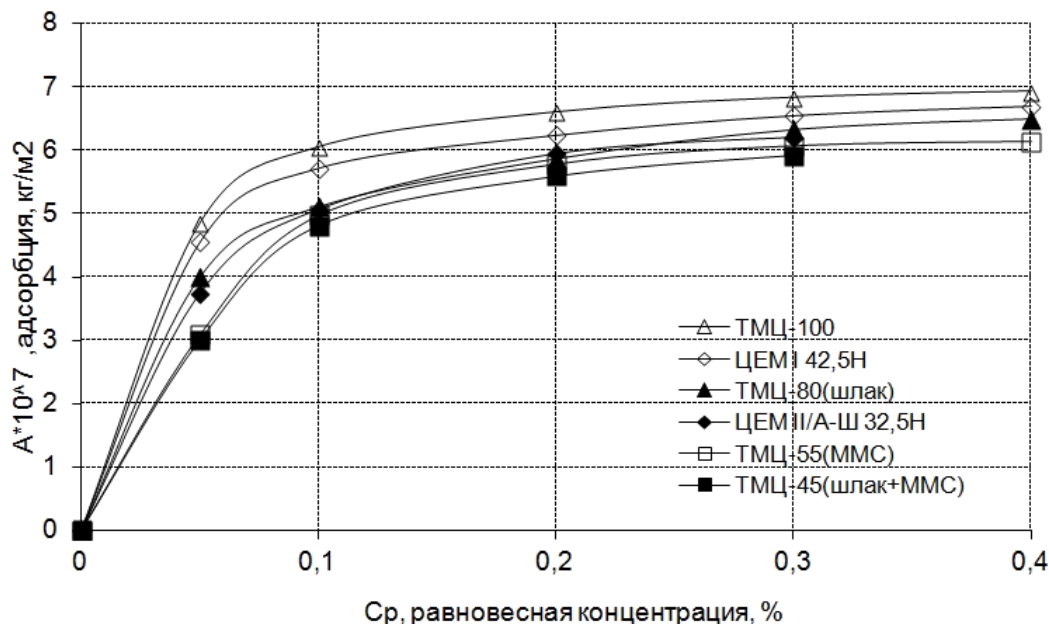


Рис. 1. Изотермы адсорбции ПФМ СБ-7 на вяжущих

Для определения констант адсорбции воспользовались уравнением Ленгмюра.

$$\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{kC}{1+kC}, \quad (2)$$

где k – константа адсорбции, характеризующая средство адсорбата к поверхности адсорбента.

Полученные значения приведены в табл. 1.

Как видно из этих данных, наблюдается удовлетворительное совпадение между дозировкой, рассчитанной по данным адсорбции и оптимальной дозировкой по данным реологии.

Таблица 1

Адсорбционные параметры мономолекулярного слоя

Дисперсная фаза	$S_{уд}$, м ² /кг	δ , нм	$\Gamma_{\max} \cdot 10^7$, кг/м ²	См, % от массы дисперсной фазы		К _{ад.}
				Расчет (адс)	эксп. (реол)	
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	355	0,68	6,21	0,242	0,2	6,92
ТМЦ-80 (шлак)	570	0,75	6,52	0,391	0,35	7,25
ТМЦ-45 (шлак+ММС)	573	0,74	5,97	0,364	0,35	7,57
ЦЕМ I 42,5Н	356	0,69	6,74	0,318	0,3	6,87
ТМЦ-100	517	0,74	6,93	0,372	0,35	7,63
ТМЦ-55 (ММС)	526	0,73	6,15	0,380	0,35	7,71

Как будет показано далее, величины максимальной адсорбции близки к оптимальным дозировкам для соответствующих цементов, полученным методом миниконуса для максимальной подвижности цементного теста и по данным седиментационного анализа для минимального размера цементных частиц. Это свидетельствует о том, что достижение предельной агрегативной устойчивости и максимальной подвижности цементного теста происходит при завершении мономолекулярного адсорбционного слоя. При

дальнейшем увеличении концентрации СБ-7 параметры адсорбционного слоя не изменяются, вследствие чего не изменяются и реотехнологические свойства цементного теста, а происходит только увеличение концентрации СБ-7 в растворе.

Изучение влияния СБ-7 на электрокинетический потенциал частиц вяжущих показало, что молекулы СБ-7 в растворе диссоциируют на олигомерные анионы и катионы натрия, т.е. являются анионоактивными поверхностно-активными

добавками. Адсорбция анионноактивного СБ-7 на поверхности адсорбата должна приводить к увеличению одноименного заряда на поверхности частиц и смещению электрокинетического или ξ – потенциала в отрицательную область [9].

Экспериментально заряд поверхности оценивали по изменению электрокинетического потенциала ξ , измеренному методом потенциала протекания при различных концентрациях СБ-7 (рис. 2).

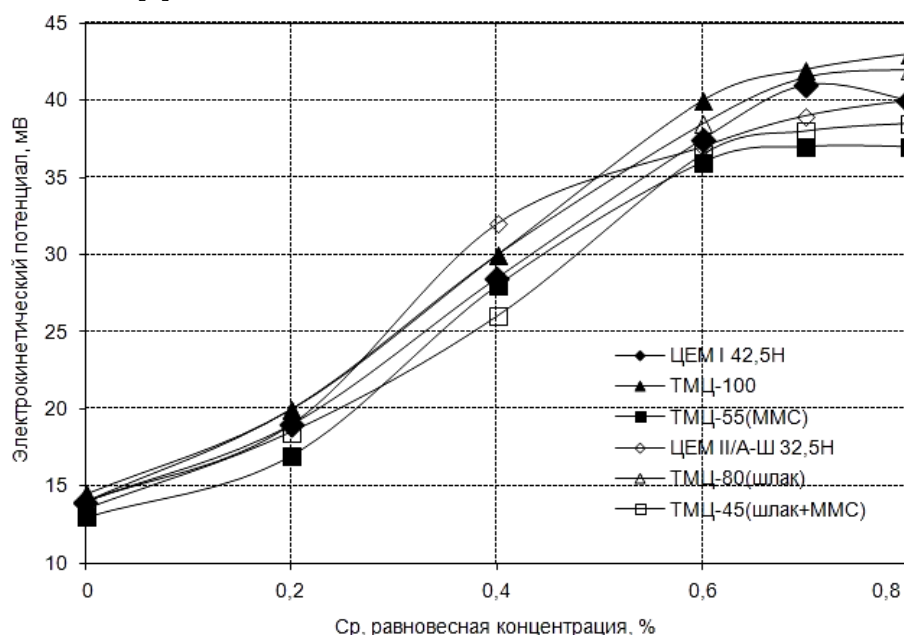


Рис. 2. Зависимость электрокинетического потенциала от дозировки СБ-7 на частицах вяжущих

Как видно из приведенного графика, влияние СБ-7 на электрокинетический потенциал вяжущих показало, что поверхность немодифицированного вяжущего имеет незначительный избыточный отрицательный заряд, о чем свидетельствует небольшое отрицательное значение ξ – потенциала. Увеличение же дозировок модификатора приводит к изменению абсолютных значений ξ – потенциала в отрицательной области от: $-13...-14,5$ мВ до $-36,5...-41,5$ мВ, что объясняется наличием анионноактивных групп в молекуле СБ-7, олигомерные молекулы которого адсорбируются на поверхности дисперсной фазы. Ход кривых зависимостей ξ -потенциала от дозировки СБ-7 аналогичен ходу изотерм адсорбции добавки (рис. 1), а выход ξ -потенциала на минимальное значение соответствует завершению мономолекулярного слоя.

Следует отметить, что увеличение содержания отходов ММС при переходе от ТМЦ-80 к ТМЦ-45 и от ТМЦ-100 к ТМЦ-55 приводит к меньшему сдвигу ξ -потенциала в отрицательную область. Это обусловлено, по-видимому, повышенным содержанием оксидов железа в отходах ММС, которые обладают избыточным положительным зарядом.

Возрастание одноименного заряда поверхности приводит к увеличению сил отталкивания и уменьшению энергии

коагуляционного контакта между частицами. Одновременно с гидрофилизацией поверхности частиц за счет наличия в молекуле СБ-7 гидрофильных оксигрупп происходит увеличение агрегативной устойчивости системы и возрастание ее подвижности.

Исследование механических свойств твердых тел и жидкостей, то есть их способности сопротивляться деформации и разрушению под действием приложенной извне механической нагрузки, показывает, что существует общность законов, описывающих механическое поведение тел различной природы. Можно выделить несколько простейших, вместе с тем основных, видов механического поведения и, комбинируя их, приближенно описать более сложные механические свойства реальных тел. Так, изучение реологических параметров концентрированных исходных суспензий ТМЦ показало, что они являются типичными вязкопластичными телами. Их течение наиболее точно описывается уравнением Оствальда:

$$\tau = \eta_{\text{из}} * \gamma^n \quad (3)$$

В области средних дозировок СБ-7 наблюдается значительное увеличение линейной части кривых и ее течение описывается уравнением Бингама–Шведова:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{пл} \cdot \dot{\gamma} \quad (4)$$

где τ – касательное напряжение сдвига, Па; τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па; $\eta_{пл}$ – пластическая вязкость, Па·с; $\dot{\gamma}$ – градиент скорости сдвига, с⁻¹.

При дальнейшем увеличении дозировок течение из вязкопластичного переходит в

жидкообразное и реологические кривые описываются уравнением Ньютона:

$$\tau = \eta_{пл} * \dot{\gamma} \quad (5)$$

На рис. 3 представлены зависимости касательного напряжения сдвига от градиента скорости сдвига с различными концентрациями СБ-7, наглядно подтвержденные вышеприведенными формулами.

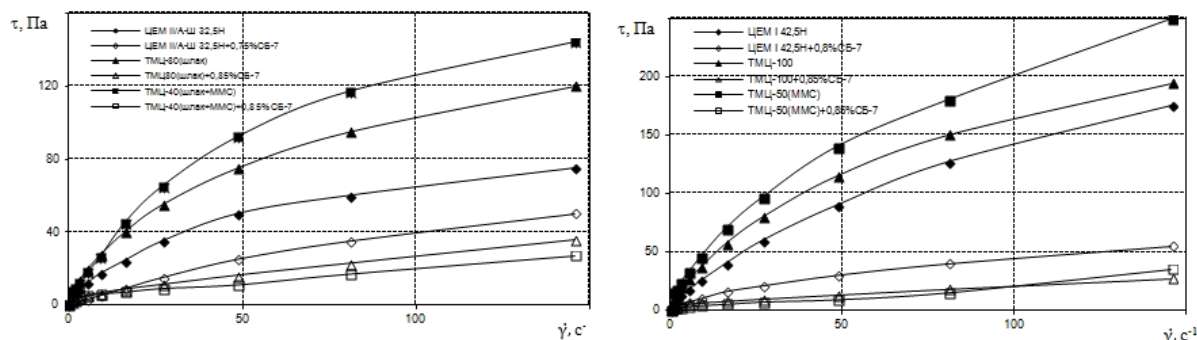


Рис. 3. Зависимости касательного напряжения сдвига от градиента скорости сдвига с различными концентрациями СБ-7 для портландцемента ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н, ЦЕМ I 42,5Н и вяжущих на их основе

Изучение реологии цементных паст с помощью метода миниконуса позволяет наглядно представить влияние концентрации СБ-7 на расплыв смеси. В то же время изучение подвижности смеси с помощью современных реологических методов позволяет получить более полную информацию.

Так, величина предельного напряжения сдвига τ_0 определяет способность системы растекаться под действием собственной силы тяжести, т.е. в принципе дает ту же информацию, что и расплыв конуса. Кроме этого, метод ротационной вискозиметрии позволяет определить подвижность системы при внешних механических воздействиях, превышающих величину предельного напряжения сдвига, что обычно и реализуется в бетонных смесителях. Таким образом, снижение величины пластической вязкости приведет к уменьшению нагрузки на электродвигатель бетонного смесителя.

Из реологических кривых определяли предельное напряжение сдвига τ_0 и пластическую вязкость $\eta_{пл}$, зависимости которых от дозировки СБ-7 показаны на рис. 4. При увеличении концентрации СБ-7 τ_0 сначала резко уменьшается, затем темп ее снижения замедляется и при достижении оптимальной дозировки предельное напряжение сдвига стремится к нулю. Пластическая вязкость также вначале резко снижается, но затем достигает определенного минимального значения, причем выход на минимум соответствует концентрации СБ-7, при котором τ_0 становится минимальным.

Величина предельного напряжения сдвига концентрированной суспензии обуславливается прочностью P индивидуальных контактов между частицами и их числом α на единицу поверхности, где величина α определяется размером частиц и плотностью упаковки и при введении добавок изменяется только в небольших пределах за счет протекания процессов пептизации или коагуляции. Отсюда следует, что уменьшение предельного напряжения сдвига до минимума при оптимальных дозировках добавок обусловлено падением прочности индивидуального контакта до значений, сравнимых с энергией теплового движения [10, 11].

В табл. 2 представлены зависимости τ_0 и $\eta_{пл}$ от концентрации СБ-7.

Уменьшение пластической вязкости связано в первую очередь с высвобождением иммобилизованной воды и увеличением, в связи с этим, относительного содержания дисперсионной среды. Увеличение толщины водных прослоек между частицами приводит к уменьшению трения между движущимися слоями и падению пластической вязкости.

Из данных таблицы видно, что оптимальные дозировки СБ-7 возрастают при увеличении удельных поверхностей вяжущих. Одинаковые оптимальные дозировки СБ-7 для ТМЦ-80 и ТМЦ-45 и ТМЦ-100 и ТМЦ-55 обусловлено тем, что отходы ММС, с одной стороны, увеличивают удельную поверхность за счет лучшей размалываемости, а, с другой

стороны, обладают более низкой адсорбционной способностью.

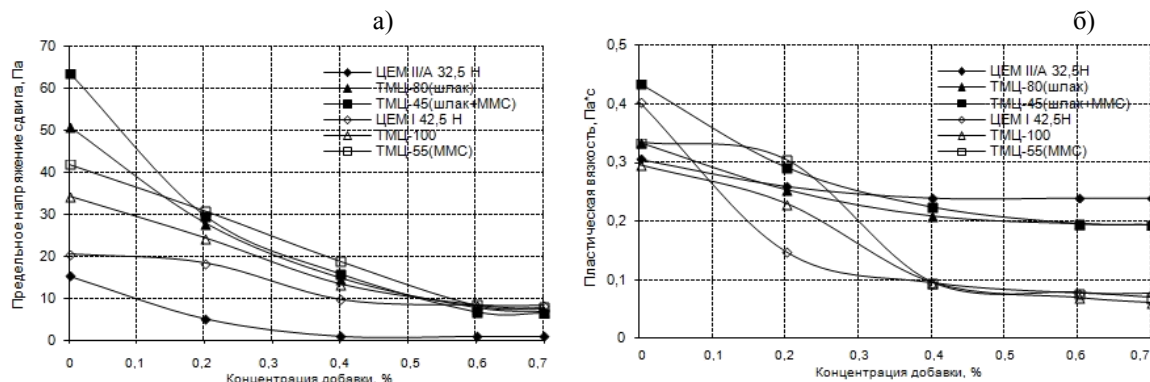


Рис. 4. Зависимости предельного напряжения сдвига: (а) пластической вязкости; (б) суспензий на различных видах вяжущих от концентрации ПФМ СБ-7

Таблица 2

Реологические характеристики суспензий

Вид цемента	Концентрация СБ-7, %	τ_0 , Па	$\eta_{пл}$, Па·с
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	0	15,5	0,306
	0,2	1,25	0,240
ТМЦ-80(шлак)	0	51	0,335
	0,35	7	0,195
ТМЦ-45(шлак+ММС)	0	63,75	0,435
	0,35	6,75	0,195
ЦЕМ I 42,5Н	0	20,6	0,404
	0,3	8,7	0,078
ТМЦ-100	0	34,4	0,296
	0,35	7,5	0,061
ТМЦ-55(ММС)	0	42,0	0,335
	0,35	8,0	0,069

Агрегативную и седиментационную устойчивость цементных суспензий в присутствии ПФМ оценивали по наивероятнейшему радиусу частиц, образующихся в системе цемент – вода.

Седиментационная устойчивость – это устойчивость системы против снижения потенциальной энергии частиц дисперсной фазы при их оседании под действием силы тяжести. Агрегативная устойчивость – это способность системы противостоять процессам, ведущим к уменьшению свободной энергии поверхностей раздела частиц дисперсной фазы с дисперсионной средой. Таким образом, равновесие в процессах коагуляции и пептизации определяется соотношением между энергией коагуляционного контакта U_k и энергией теплового движения частиц. Адсорбция добавок на поверхности частиц изменяет U_k и смещает равновесие коагуляция↔пептизация в ту или другую сторону.

Распределение частиц ТМЦ по диаметрам определяли с помощью седиментационного

анализа, основанного на регистрации изменения во времени веса осадка дисперсной фазы в объеме дисперсионной среды. Дифференциальные кривые распределения по диаметрам частиц ТМЦ при различных дозировках СБ-7 представлены на рис. 5 и 6.

Как видно из полученных данных, увеличение дозировки СБ-7 приводит к более узкому распределению частиц по диаметрам и сдвигу максимума распределения в сторону меньших значений. Зависимости наивероятнейшего диаметра частиц вяжущих от дозировки добавок показаны на рис. 7.

При увеличении дозировки ПФМ наивероятнейший радиус падает, уменьшаясь с 6,3...15,2 мкм до 4...8 мкм соответственно, при этом, наибольшие изменения происходят в области малых дозировок, а затем наблюдается постепенный выход на постоянную величину. Очевидно, что это связано с тем, что пропорционально изменению τ_0 изменяется энергия коагуляционного контакта, которая и определяет число первичных частиц, находящихся в агрегате.

Непосредственно значения диаметра частиц определяли также с помощью оптической микроскопии, результаты которой показали, что в исходных суспензиях наблюдаются относительно крупные агрегаты, которые при введении ПФМ

СБ-7 пептизируют до первичных частиц. При этом размер частиц по данным седиментационного анализа и оптической микроскопии удовлетворительно совпадает.

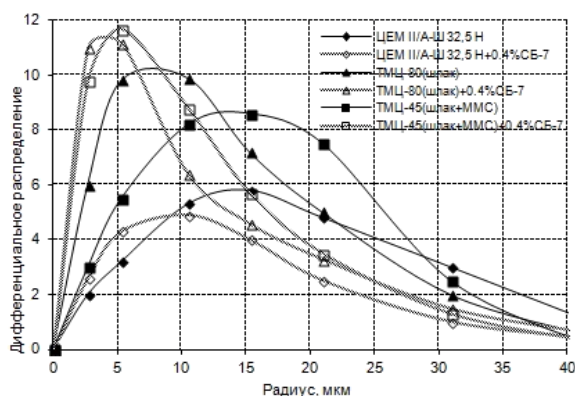


Рис. 5. Дифференциальные кривые распределения частиц вяжущих на основе ЦЕМ II/A-III 32,5Н без добавок и с добавками СБ-7 по радиусам

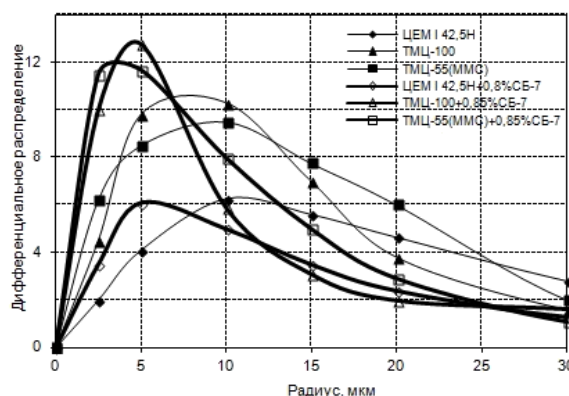


Рис. 6. Дифференциальные кривые распределения частиц вяжущих на основе ЦЕМ I 42,5Н без добавок и с добавками СБ-7 по радиусам

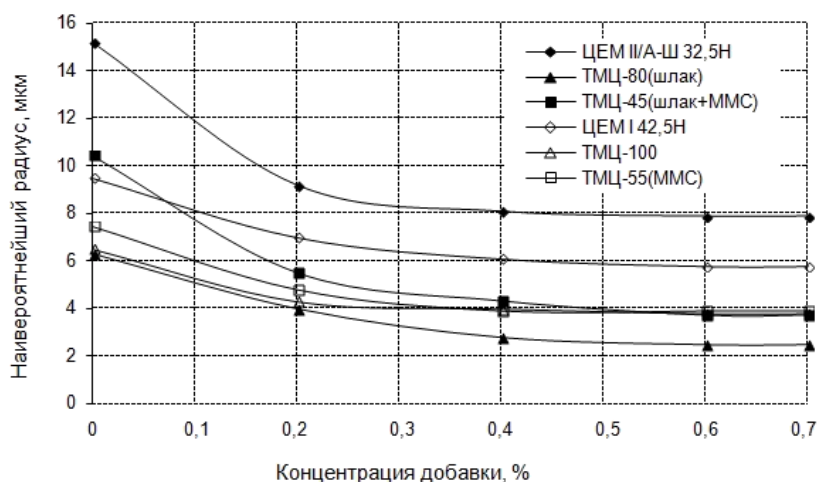


Рис. 7. Влияние концентрации СБ-7 на наивероятнейший радиус частиц вяжущих

Процесс пептизации вторичных агрегатов до первичных частиц приводит к тому, что иммобилизованная вода (механически захваченная в пустоты между частицами) высвобождается, приводя к увеличению количества центрифугата, отделяющегося от суспензии после центрифугирования. Таким образом, относительное количество центрифугата достигает максимума при достижении минимального размера частиц. Содержание свободной дисперсионной среды косвенно оценивали по относительному количеству воды, отделяющемуся от суспензии при центрифугировании (рис. 8).

Как видно из рисунка, при увеличении концентрации СБ-7 относительное количество центрифугата сначала возрастает, а затем достигает постоянного значения. Немногим

большие значения водоотделения наблюдаются для вяжущих на основе портландцемента ЦЕМ I 42,5Н, что связано, по-видимому, с повышенным содержанием клинкера в вяжущих, по сравнению с соответствующими вяжущими на основе портландцемента ЦЕМ II/A-III 32,5Н.

Как уже отмечалось, число частиц в агрегате определяется соотношением между силами притяжения и отталкивания и тем больше, чем силы притяжения больше сил отталкивания. Для определения числа первичных частиц, участвующих в образовании агрегата, проводили расчет их количества в соответствии с [12].

Результаты расчета по количеству первичных частиц приведены в табл. 3.

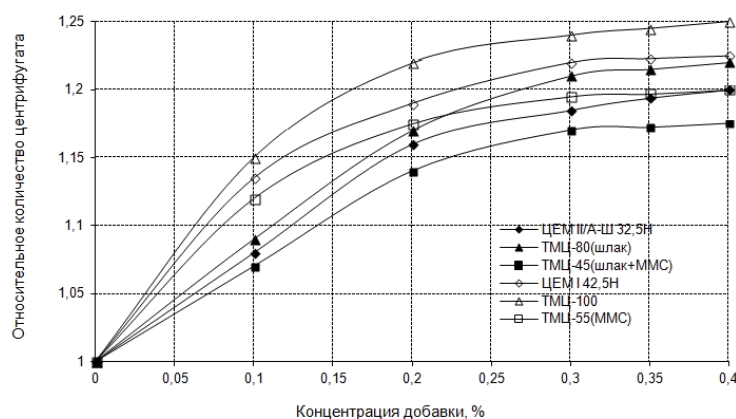


Рис. 8. Зависимость относительного количества центрифугата от концентрации СБ-7 в вяжущих

Таблица 3

Расчет числа первичных частиц в агрегатах

Вид вяжущих	Объем агрегата, мкм ³	Объем первичной частицы, мкм ³	Число первичных частиц на агрегат
ТМЦ-45 (шлак+ММС)	697	29,2	24
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	1838	267,9	7
ТМЦ-80(шлак)	131	9,9	14
ТМЦ-55 (ММС)	223	33,5	7
ЦЕМ I 42,5Н	449	113,0	3
ТМЦ-100	145	31,0	5

Таким образом, вследствие увеличения агрегативной устойчивости системы происходит пептизация агрегатов до минимального количества первичных частиц и выделяется иммобилизованная вода.

В ходе проведения испытаний определяли поверхностную активность СБ-7 на границе раствор-воздух.

Поверхностное натяжение на границе раствор-воздух имеет большое значение в технологии бетона при использовании химических добавок, поскольку позволяет косвенным образом оценить степень дополнительного воздухововлечения. Как отмечалось выше, часть добавок, не обладая поверхностной активностью на границе раствор-воздух, не влияют на воздухововлечение в бетонную смесь. Другие добавки в большей или меньшей степени снижают поверхностное натя-

жение на границе раствор-воздух и обеспечивают дополнительное воздухововлечение. При этом ряд авторов [13] отмечает, что незначительное увеличение воздухововлечения на 1–2 %, не влияя практически на прочность бетона, существенно улучшает его морозостойкость за счет улучшения структуры порового пространства.

Влияние модификатора на поверхностное натяжение на границе раствор-воздух показано на рис. 9. СБ-7 является слабым воздухововлекателем, незначительно снижая поверхностное натяжение с 72 до 52 мДж/м².

Уменьшение поверхностного натяжения на границе раствор-воздух является также одной из причин улучшающих смачивание твердых поверхностей жидкостью и знание величин поверхностного натяжения на границе раствор-воздух позволит оценить вклад этого фактора

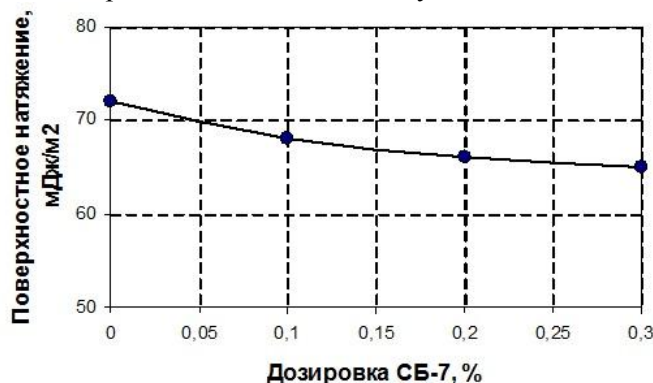


Рис. 9. Изотерма поверхностного натяжения на границе раствор-воздух

Изучение влияния ПФМ СБ-7 на относительное изменение поверхностного натяжения на границе твердое тело-жидкость показало, что величина поверхностного натяжения на границе твердое тело-раствор оказывает существенное влияние на агрегативную устойчивость, реологию и другие свойства дисперсных систем, поскольку ее значение определяет эффективную константу Гамаккера, характеризующую силы межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы.

В настоящее время прямых методов измерения поверхностного натяжения на границе твердое тело-жидкость практически не существует, в связи с чем изменение $\sigma_{т-ж}$ при модифицировании поверхности мела химическими добавками оценивали косвенно по известному уравнению Юнга:

$$\cos \Theta = \frac{\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}}{\sigma_{ж-г}}, \quad (6)$$

Были измерены $\sigma_{ж-г}$ и краевые углы смачивания Θ на поверхности CaCO_3 в области равновесных дозировок, соответствующих заполнению мономолекулярного слоя (табл. 4). В связи с тем, что в ходе опытов поверхностное натяжение на границе твердое тело-газ оставалось постоянным, об изменении $\sigma_{т-ж}$ судили по изменению величины адгезионного напряжения ($\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}$), которую определяли из уравнения Юнга. Характер изменения адгезионного натяжения представлен в табл. 4 и на рис. 10.

Таблица 4

Влияние дозировки СБ-7 на краевой угол смачивания мела и поверхностное натяжение

С, %	Θ , °	$\cos \Theta$	$\sigma_{т-ж}$, мДж/м ²	$\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}$, мДж/м ²
0	46,1	0,693	72,0	49,9
0,05	38,4	0,784	70,0	54,9
0,1	34,6	0,821	68,1	55,9
0,15	34,2	0,827	67,5	55,8

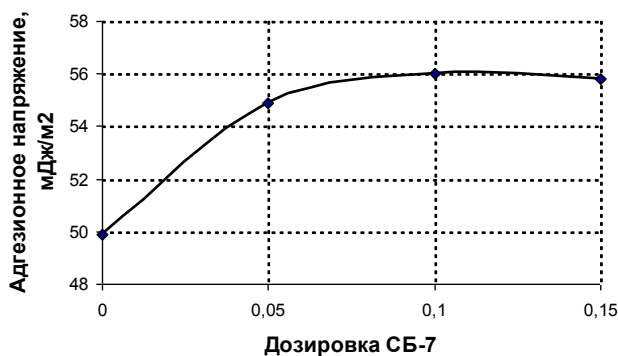


Рис. 10. Влияние дозировки СБ-7 на адгезионное натяжение

Как видно из рис. 10, при увеличении концентрации СБ-7 поверхностное натяжение на границе твердое тело-раствор уменьшается, так

как увеличение ($\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}$) при постоянном значении $\sigma_{т-г}$ может быть обусловлено только уменьшением $\sigma_{т-ж}$. Это свидетельствует об увеличении гидрофильности поверхности мела при образовании адсорбционного слоя добавки и снижении сил межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы.

Таким образом, механизм пластифицирующего действия исследованного ПФМ заключается, по нашему мнению, в следующем. Молекулы добавки адсорбируются на поверхности частиц, образуя мономолекулярный слой.

Адсорбция ПФМ на поверхности частиц обеспечивается дисперсионными силами взаимодействия между системой ароматических колец добавки и поверхностью частиц. При этом, поскольку ПФМ является анионоактивным веществом, заряд поверхности частиц становится более отрицательным, что приводит к увеличению сил отталкивания между частицами. Этому же способствует формирование гидратных слоев вокруг частиц вследствие наличия гидрофильных групп в молекулах модификатора. В результате силы отталкивания начинают преобладать над молекулярными силами притяжения, что приводит к снижению энергии коагуляционного контакта до величин, сравнимых с энергией теплового движения. При этом наблюдается переход к полной агрегативной устойчивости системы, пептизации агрегатов до первичных частиц изменению реологического характера течения суспензии с бингамовского (предел текучести больше нуля) на ньютоновский (предел текучести равен нулю). Эффективность ПФМ во многом определяется природой гидрофильных групп. Как показали наши исследования, при адсорбции ПФМ нельзя пренебрегать взаимодействием «адсорбат-адсорбат» на поверхности дисперсной фазы. Учет этого явления и правильный подбор индивидуальных компонентов позволяет получать полифункциональный модификатор, обладающий ярко выраженным эффектом синергизма [14].

На основании проведенных экспериментальных исследований и анализа литературных данных можно сформулировать следующие положения о необходимых качествах ПФМ:

1. Адсорбция модификатора осуществляется за счет дисперсионных сил притяжения. Для локализации молекул модификатора на поверхности частицы необходимо, чтобы его молекула содержала систему связанных ароматических колец или сопряженных двойных связей.

2. Адсорбированные молекулы модификатора должны гидрофилизировать поверхность дисперсной фазы, для чего должны содержать по всей длине гидрофильные группы.

3. Пластифицирующая активность модификатора определяется поверхностной активностью на границе твердое тело-раствор и посадочной площадкой его молекулы.

4. Молекулы модификатора должны создавать на поверхности частиц одноименный заряд, при этом электрокинетический потенциал модифицированных частиц должен быть не менее 30 мВ.

При изучении зависимости расплыва диаметра мини-конуса от концентрации СП СБ-7 наблюдается S-образный характер изменения кривых. Это явление отмечено в ряде работ других авторов при определении влияния пластифицирующих добавок на расплыв стандартного конуса цементно-песчаного раствора, осадки конуса бетонной смеси, но объяснения не получило [15].

При сравнении зависимостей изменения предельного напряжения сдвига и расплыва мини-конуса было установлено, что значительное изменение τ_0 наблюдается в области малых дозировок, в то время как расплыв мини-конуса в этой области концентрации изменяется незначительно.

Для объяснения этого различия рассмотрена взаимосвязь между величиной расплыва мини-конуса и предельным напряжением сдвига цементной суспензии. После достижения равновесия сила тяжести уравновешивается силой взаи-

модействия между частицами суспензии, которая выражается через напряжение сдвига уравнением:

$$M \cdot g / S - K / \Pi = \alpha \cdot \tau_0, \quad (7)$$

где m – масса суспензии, кг; S – площадь расплыва, m^2 ; Π – периметр расплыва, м; K – величина, характеризующая «эффективное» поверхностное натяжение суспензии, Н/м; α – коэффициент случайной упаковки, равный 4; τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па.

Как видно из уравнения, между расплывом мини-конуса d ($d^2 \sim S$, $d \sim \Pi$) и предельным напряжением сдвига существует обратно пропорциональная зависимость, для которой характерно незначительное изменение d при первоначальном значительном изменении τ_0 . Это объясняет наблюдаемую S-образность кривых зависимости расплыва мини-конуса от дозировки добавок. Численное значение константы K , найденное из граничных условий, равно 15. После преобразований получено:

$$d = \sqrt{\frac{105}{2\tau_0} + 8m \cdot g}. \quad (8)$$

На рис. 11 показана расчетная кривая, полученная после подстановки численных значений в уравнение, и экспериментальные значения расплыва мини-конуса.

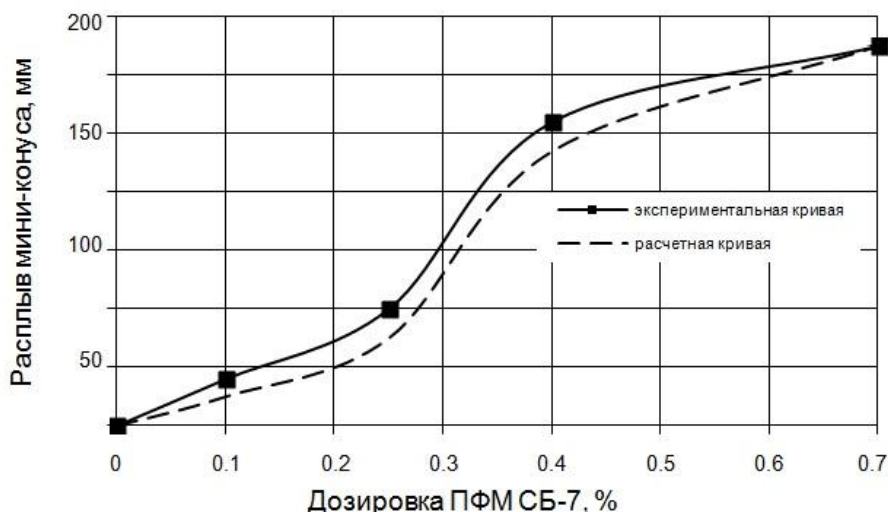


Рис. 11. Зависимости расплыва мини-конуса от концентрации СБ-7

Как видно из графика, наблюдается хорошее соответствие между экспериментальными и расчетными данными.

Выводы. Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Адсорбция СБ-7 на цементах носит мономолекулярный характер, при этом при переходе от бездобавочных вяжущих к вяжущим с микронаполнителем величина максимальной адсорбции несколько снижается. Это связано с более низкой адсорбционной

способностью отходов ММС железистых кварцитов и шлака по сравнению с клинкерными минералами. Наблюдается удовлетворительное совпадение между дозировкой, рассчитанной по данным адсорбции и оптимальной дозировкой по данным реологии.

2. Адсорбция СБ-7 на цементных частицах приводит к смещению электрокинетического потенциала в отрицательную область с $-13 \dots -14,5$ мВ до $-36,5 \dots -41,5$ мВ, что объясняется наличием анионоактивных групп в молекуле СБ-

3, олигомерные молекулы которого адсорбируются на поверхности дисперсной фазы. При этом, увеличение содержания отходов ММС при переходе от ТМЦ-80 к ТМЦ-45 и от ТМЦ-100 к ТМЦ-55 приводит к меньшему сдвигу ξ -потенциала в отрицательную область. Это обусловлено, по-видимому, повышенным содержанием оксидов железа в отходах ММС, которые обладают избыточным положительным зарядом.

3. При введении оптимальных дозировок СБ-7 в вяжущее подвижность цементного теста значительно возрастает, при этом характер течения изменяется от тиксотропного до жидкообразного. Это соответствует падению предельного напряжения сдвига до минимального значения и значительному уменьшению пластической вязкости.

4. Агрегативная устойчивость цементных суспензий возрастает с увеличением концентраций СБ-7 и становится предельно возможной после образования адсорбционного мономолекулярного слоя. Это выражается в уменьшении наивероятнейшего диаметра частиц с 13–16 мкм до 3–5 мкм.

5. Вследствие увеличения агрегативной устойчивости системы происходит пептизация агрегатов до первичных частиц и выделяется иммобилизованная вода.

**Статья подготовлена в рамках базовой части государственного задания №1478 Минобрнауки России в сфере научной деятельности «Пептизация и регулирование реологических свойств концентрированных минеральных суспензий с модификаторами дисперсных частиц».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующих добавок // Известия вузов. Строительство. 2007. № 6. С. 26–29.
2. Poluektova V.A., Shapovalov N.A., Kosukhin M.M., Slusar A.A. Plasticizing additives for water mineral dispersions on the basis of oxyphenol oligomers // Advances in Natural and Applied Sciences. 2014. Т. 8. № 5. С. 373–379.
3. Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А., Слюсарь О.А., Полуэктова В.А. Разжижение керамического шликера комплексными добавками // Стекло и керамика. 2005. № 8. С. 24–25.

4. Шаповалов Н.А., Слюсарь О.А., Слюсарь А.А. Суперпластификатор на основе отходов резорцина как разжижающая добавка для керамических шликеров // Известия вузов. Строительство. 2003. №7. С. 65–67.

5. Полуэктова В.А., Косухин М.М., Малиновкер В.М., Шаповалов Н.А. Полифункциональный суперпластификатор для бетонов на основе отходов производства пирокатехина // Фундаментальные исследования. 2013. № 1. Ч. 3. С. 718–722.

6. Шаповалов Н.А., Латыпова М.М., Слюсарь О.А., Ломаченко В.А. Получение пластификаторов из отходов химического производства // Экология и промышленность России. 2000. № 1. С. 15–17.

7. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3. М.: НИИЖБ. 1984.

8. Методические рекомендации по оценке эффективности добавок. М.: НИИЖБ, 1979. 24 с.

9. Шаповалов Н.А., Златковский В.В. Немец И.И. Электрокинетические и реологические свойства суспензий оксида магния // Стекло и керамика. 1991. №1. С. 16–17.

10. Шаповалов Н.А. Регулирование агрегативной устойчивости минеральных суспензий олигомерными ароматическими электролитами: Автореф. дисс. д-ра техн. наук. М.: Изд-во РХТУ им Д.И. Менделеева. 1999. 32 с.

11. Косухин М.М., Шаповалов Н.А. Теоретические аспекты механизма действия суперпластификаторов // Бетон и железобетон. 2006. №3. С. 25–27.

12. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными добавками с разными гидрофильными группами. Монография. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. 194 с.

13. Вовк А.И. Поверхностно-активные свойства полиметиленафталинсульфонатов // Коллоидный журнал. 1998. № 2. Т. 60. С. 182–187.

14. Косухин М.М., Мухачева В.Д., Приходько Е.А. Синергетика процесса самоорганизации структуры высокоморозостойкого бетона на модифицированном вяжущем / Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения: сб. науч. тр. VIII Акад. чтения РААСН // Самара: СГАСУ. 2004. С. 286–287.

15. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными добавками с разными гидрофильными группами: дис.... канд. техн. наук. Воронеж. 1995. 173 с.

Kosukhin M.M., Bogacheva M.A., Kosukhin A.M., Chaikina E.E.**THE RESEARCH OF ACTION MECHANISM OF SB-7 POLYFUNCTIONAL MODIFIER IN MINERAL SUSPENSIONS ON THE BASE OF FINE-GROUND CEMENTS**

There have been summarized and systematized the research findings of colloid-chemical properties of an efficient polyfunctional modifier for the purposeful control of cement-containing composites' properties, which is based on chemical industry waste – light pyrolysis resin. There are presented the findings of adsorption processes research and the research of modifier's influence on the electrokinetic potential, rheological parameters, aggregative and sedimentation stability of mineral suspensions on the base of fine-ground cements. The comparative analysis of the obtained modifier with the known analogues has been carried out. On the basis of the carried-out experimental research and the literature data analysis there have been formulated the basic statements of the required modifiers' properties, which make it possible to evaluate their mechanism of action and demonstrate that the modifiers' mechanism of action is conditioned by the interoperation of adsorption-solvation and electrostatic factors. The exclusion of any of them results in the loss of modifier's activity.

Key words: polyfunctional modifiers, colloid-chemical properties, mechanism of action, aggregative stability, rheological properties, adsorption, electrokinetic potential.

Косухин Михаил Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: mkosuhin@mail.ru

Богачева Марина Александровна магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: marisha_shugaeva@mail.ru

Косухин Андрей Михайлович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: andrey.shik@mail.ru

Чайкина Екатерина Евгеньевна, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: e_chaikina@inbox.ru

*Ястребинский Р.Н., канд. физ.-мат. наук, доц.,
Матюхин П.В., канд. техн. наук, доц.,
Ястребинская А.В., канд. техн. наук, доц.,
Карнаухов А.А., магистрант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ*

yrndo@mail.ru

В работе исследованы механизмы процессов модифицирования минеральной железоксидной матрицы с учетом структуры, электрокинетических и физико-химических свойств поверхности. Установлен оптимальный состав композиционного материала защиты, дана оценка влияния технологических факторов и состава композита на его физико-механические характеристики.

Установлены механизмы модифицирования поверхности железорудного концентрата с помощью одноименных ионов Fe^{3+} , что позволяет создать гидролитически стабильную систему связей с цементным связующим и интенсифицирует процессы гидратации клинкерных минералов.

Использование модифицированного магнетитового концентрата увеличивает прочностные характеристики композиционного материала, в сравнении с не модифицированным магнетитом, особенно на ранних сроках твердения бетонной смеси. Усиление процессов гидролиза клинкерных минералов и интенсификация процессов гидратации приводит к образованию более однородной матрицы, обладающей повышенной плотностью и прочностью.

Ключевые слова: *железорудный концентрат, магнетит, модифицирование, композиционный материал, получение, свойства.*

Введение.

Известные материалы биологической защиты на основе цементных связующих, в основном особо тяжёлые бетоны на высокоглиноземистом цементе с железосодержащим заполнителем, обладают достаточно высокими защитными свойствами по отношению к γ -излучению. Однако повышенное содержание в бетоне связанной воды определяет возможность ее радиолиза, высокий уровень газовыделения (включая водород), расслоение материала и как следствие снижение радиационной стойкости и физико-механических показателей при воздействии γ -излучения высоких энергий и большой мощности дозы более 2 Мрад/час. Кроме того, известные материалы защиты обладают относительно невысокими прочностными характеристиками (до 40 МПа) и температурой эксплуатации (до 280 °C).

Существующие методы и подходы получения материалов биологической защиты на основе цементных вяжущих основаны на использовании заполнителей с разнородной поверхностью и введением пластифицирующих добавок для улучшения удобоукладываемости и прочностных свойств композиционной. Данный подход не обеспечивает требуемых эксплуатационных свойств бетона и приводит к возникновению значительных внутренних напряжений в

материале защиты при радиационно-термических нагрузках.

Анализ известных зарубежных исследований показал, что для повышения радиационной стойкости материалов обычно используют защитное экранирование, снижающее степень воздействия излучения на материал. При физико-химической модификации в материал вводят добавки – например, антиоксиданты или антирады, что значительно повышает радиационную стойкость многих материалов. Однако использование защитных экранов увеличивает размер защитной конструкции и не всегда технологически возможно, а введение химических добавок ухудшает структурную целостность и коррозионную стойкость бетона [1-3].

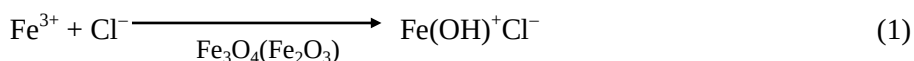
В связи с этим необходим новый подход, основанный на использовании функциональных радиационно-защитных наполнителей с активной поверхностью (содержащей активные центры), способных к образованию гидролитически стабильной системы связей с цементным вяжущим.

В работе исследованы механизмы процессов модифицирования минеральной железоксидной матрицы с учетом структуры, электрокинетических и физико-химических свойств поверхности. Установлен оптимальный состав композиционного материала защиты, дана оценка влияния технологических факторов и состава

композита на его физико-механические характеристики.

Методика.

Для получения радиационно-защитных композитов использован высококачественный магнетитовый железорудный концентрат с содержанием железа 68,5%, портландцемент марки М500 и кремнийорганический модификатор (этилсиликат). Выбор магнетитового концентрата обусловлен его более высокой (в сравнении с гематитом) поверхностной активностью и способностью к ферритизации с компонентами цементного связующего. Модифицирование железорудного концентрата проводили из водных растворов по методу мономолекулярного наслаивания. Композит получали методом полусухого прессования под давлением 25 МПа с последующей термической обработкой в условиях водяного пара.



Здесь ион железа координирован с соответствующим ионом кристаллической решетки твердой фазы Fe-концентрата. Возникновение на ней указанного соединения соответствует процессу принудительной гидратации ее гидроксилами, входящими в структуру этого соединения.

Одновременно с гидратацией поверхности по приведённому механизму в дисперсии реализуется и другой процесс. Находящийся в дисперсионной среде активный комплексообразующий ион Fe^{3+} характеризуется способностью к насыщению части координационных сфер соответствующими лигандами. Если противоион не является достаточно хорошим донором, а другие комплексообразующие лиганды отсутствуют, что имеет место в рассматриваемом случае, то координируются молекулы растворителя, в ре-

Основная часть.

Физико-химическая активность железорудных концентратов преимущественно обусловлена наличием на их поверхности гидроксильных групп FeOH. Причем основное значение имеют, конечно, гидроксогруппы поверхности концентратов, а не содержащиеся глубоко в структуре. Гораздо менее реакционноспособны группы Fe-O-Fe. Гидроксильные группы значительно более активны и легче вступают в реакции, так как протон гидроксильной группы имеет слабокислый характер, и способен вступать в реакции обмена [4].

Для увеличения физико-химической активности железорудного концентрата проведена его активация по методу мономолекулярного наслаивания с помощью одноименных ионов Fe^{3+} из раствора (схемы 1 и 2).

в результате чего образуются сольватные комплексы – аквакомплексы $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_x^{3+}$. Являясь валентно-ненасыщенными, но насыщенными координационно, эти аквакомплексы присоединяют указанные выше гидроксиланионные лиганды, образуя соединения вида $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_x(\text{OH})_2^+ \text{An}^-$.

На основе модифицированного природного железорудного сырья КМА, цементного вяжущего и кремнийорганического модификатора (этилсиликата) получен радиационно-защитный конструкционный композит (РЗК). С учетом конструкционных и радиационно-защитных характеристик подобран оптимальный состав РЗК (таблица 1).

Количество этилсиликата (ЭТС-40) рассчитывалось на готовый продукт исходя из плотности раствора 1,05 г/см³.

Таблица 1

Компонентный состав радиационно-защитного композита

Состав РЗК, % масс.			
Портландцемент	Магнетит	Этилсиликат (ЭТС-40)	Вода
18,1	72,6	4,6	4,7

Проведенные комплексные исследования позволили выявить следующие закономерности влияния состава сырьевой смеси и технологических факторов на кинетику твердения мелкозернистого прессованного композиционного материала:

1. Использование модифицированного магнетитового концентрата увеличивает прочностные характеристики композиционного материала, в сравнении с не модифицированным магнетитом, особенно на ранних сроках твердения

бетонной смеси (рис. 1.: на 50 % больше прирост прочности через 7 и 14 суток твердения, и на 17% больше через 28 суток).

При твердении РЗК, образующиеся в процессе гидратации цемента гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроксиды кальция сорбируются на крупных кристаллах гидроксидированных оксидов железа. В дальнейшем происходит интенсивный рост гидросиликатов на поверхности оксидов железа, которые выступают цен-

трами кристаллизации для продуктов гидратации клинкерных минералов.

Данная гипотеза также подтверждается исследованием кинетики степени гидратации цемента в РЗК (рис. 2).

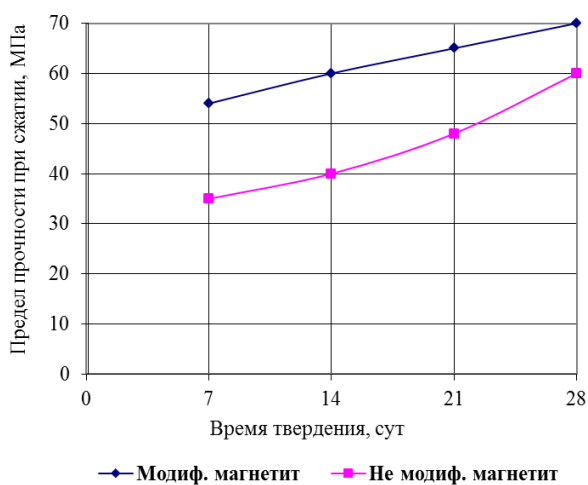


Рис. 1. Зависимость прочности РЗК от времени твердения (кинетика набора прочности РЗК)

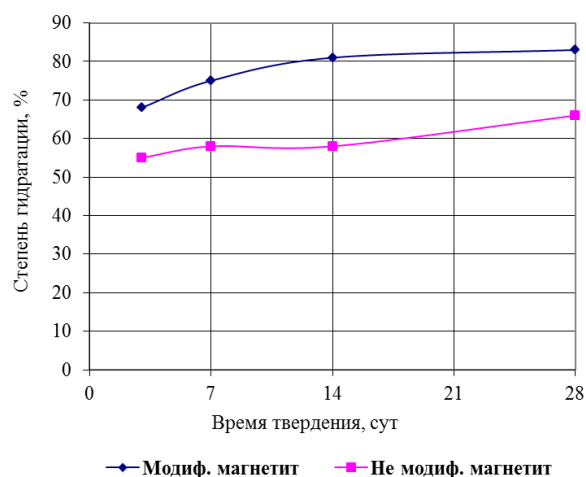
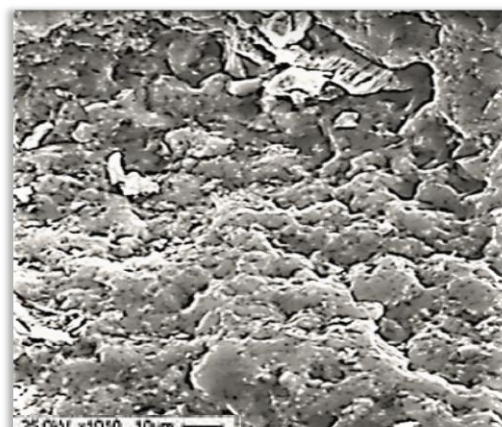


Рис. 2. Зависимость степени гидратации от времени твердения

Усиление процессов гидролиза клинкерных минералов и интенсификация процессов гидратации приводит к образованию более однородной матрицы, обладающей повышенной плотностью и прочностью (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Фотографии микроструктуры цементного камня (не модиф. (а) и модиф. (б) магнетит)

Заполнение порового пространства в РЗК на модифицированном магнетите на 12% выше, чем на не модифицированном.

2. Увеличение соотношения вода – вяжущее в смеси приводит к значительному росту начальной скорости твердения прессованного композита (рис. 4).

Для композиций с отношением вода – вяжущее от 0,15 до 0,25 при сроках твердения от 7 до 14 суток происходит незначительный рост прочности композиционного материала. При дальнейшем увеличении сроков твердения композитов от 14 до 28 суток происходит плавное возрастание их прочности.

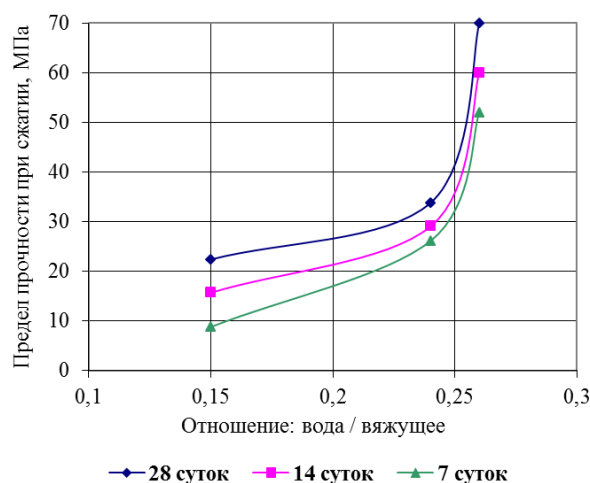


Рис. 4. Зависимость прочности РЗК от отношения вода – вяжущее в смеси

При дальнейшем росте соотношения вода - вяжущее от 0,25 до 0,28 наблюдается заметное возрастание прочности композитов. С увеличением сроков твердения композитов в большей степени проявляется положительное влияние повышенного значения соотношения вода - вяжущее.

Получены образцы композиционного материала радиационной защиты со следующими физико-техническими и эксплуатационными характеристиками (таблица 2).

Таблица 2

Физико-технические и эксплуатационные характеристики РЗК

Показатель	Значение
Плотность, кг/м ³	4000
R (сжатие), МПа (кгс/см ²)	70 (700)
R (изгиб), МПа (кгс/см ²)	25 (250)
Класс прочности на сжатие	B55
Марка по водонепроницаемости	W12
Марка морозостойкости	F 400
Деформация усадки, мм/м	0,07
Температура эксплуатации, °С	400
Термостойкость, °С	700
Водопоглощение, % мас.	4,0
Класс радиационной безопасности	1
Уд. эфф. активность $A_{эфф.}$, Бк/кг	40
КЛТР, 10 ⁻⁶ °С ⁻¹	9,8
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	3,85
Воздухопроницаемость, см ³ /(см ² ·с)	1
Скорость выщелачивания радионуклидов, г/(см ² ·сут.) ⁶⁰ Co	6 · 10 ⁻⁷

Выводы.

Установлены механизмы модифицирования поверхности железорудного концентрата с по-

мощью одноименных ионов Fe³⁺, что позволяет создать гидролитически стабильную систему связей с цементным связующим и интенсифицирует процессы гидратации клинкерных минералов.

Использование модифицированного магнетитового концентрата увеличивает прочностные характеристики композиционного материала, в сравнении с не модифицированным магнетитом, особенно на ранних сроках твердения бетонной смеси. Усиление процессов гидролиза клинкерных минералов и интенсификация процессов гидратации приводит к образованию более однородной матрицы, обладающей повышенной плотностью и прочностью.

**Работа выполнена при поддержке базовой части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект №1300.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков В.М., Слесарев И.С., Алексеев П.Н.. Атомные реакторы повышенной безопасности. Анализ концептуальных разработок. М.: Энергоатомиздат, 1993. 261 с.
2. Егоров Ю.А., Машкович В.П. Радиационная безопасность и защита АЭС. М.: Атомиздат, 1982. 231 с.
3. Поспелов В.П., Миренков А.Ф., Покровский С.Г. Бетоны радиационной защиты атомных электростанций. М: ООО «Август-Борг», 2006. 652 с.
4. Yastrebinsky, R.N., Pavlenko, V.I., Matyukhin, P.V., Cherkashina, N.I., Kuprieva, O.V. Modifying the surface of iron-oxide minerals with organic and inorganic modifiers / Middle-East Journal of Scientific Research, 2013, № 18 (10). pp. 1455–1462.

**Yastrebinsky R.N., Matyuhin P.V., Yastrebinskaya A.V., Karnauhov A.A.
THE MODIFIED IRON OXIDIC FILLERS FOR DESIGNS OF RADIATION
PROTECTION OF ATOMIC REACTORS**

In work mechanisms of processes of modifying of a mineral iron oxidic matrix taking into account structure, electrokinetic and physical and chemical properties of a surface are investigated. The optimum composition of composite material of protection is established, an assessment influence of technology factors and structure of a composite on his physiko-mechanical characteristics is given.

Mechanisms of modifying of a surface of an iron ore concentrate by means of the ions of Fe³⁺ of the same name are installed that allows to create hydrolytic stable system of communications with cement binding and intensifies processes of hydration of brick minerals.

Use of the modified magnetitovy concentrate increases strength characteristics of composite material, in comparison with not modified magnetite, especially on early terms of curing of concrete mix. Strengthening of processes of hydrolysis of brick minerals and an intensification of processes of hydration leads to formation of more uniform matrix having the increased density and durability.

Key words: iron ore concentrate, magnetite, modifying, composite material, receiving, properties.

Ястребинский Роман Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: yrndo@mail.ru

Матюхин Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: mpvbgtu@mail.ru

Ястребинская Анна Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности.

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

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

E-mail: karanna1@mail.ru

Карнаухов Александр Алексеевич, магистрант кафедры безопасности жизнедеятельности.

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

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

E-mail: gamma.control@ya.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/22068

Трунова Е.В., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПО KPI НА ПРЕДПРИЯТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

trunova_ev@mail.ru

Современные компании в разных сферах экономической деятельности часто используют системы стимулирования персонала на основе ключевых показателей эффективности (KPI). Вместе с тем существует ряд практических трудностей, делающих мотивацию по KPI нерезультативной. В статье представлен обзор значимых факторов, определяющих работоспособность системы стимулирования персонала на предприятии. Объектом исследования выступает предприятие промышленности строительных материалов, входящее в состав интегрированной корпоративной структуры. Выделены такие факторы, как социально-демографические и географические особенности региона, ресурсобеспеченность компании-производителя строительных материалов, технология производства и результат бизнес-процесса, организация сбыта продукции, квалификация персонала, категория работника и его функционал. Характеристика факторов мотивации персонала дается в привязке к цементной промышленности. В качестве одной из основных проблем рассматривается отсутствие связи между должностными обязанностями работника и показателями, на основе которых рассчитывается премиальная часть его заработной платы.

Ключевые слова: персонал, стимулирование, система мотивации, ключевые показатели эффективности.

Применение системы мотивации, в основе которой лежит некоторый набор KPI, стало нормой для крупного российского бизнеса и прогрессивных средних компаний. А еще пару десятилетий назад идея разработки системы показателей, оцифровывающих цели компании и позволяющих мониторить ее бизнес-процессы, рассматривалась как управленческая инновация. В России она получила широкое распространение во многом благодаря концепции сбалансированной системы показателей (*Balanced Scorecard, BSC*) Нортон и Каплана [1, 2], продвигаемой в практику корпоративных структур специалистами в области управленческого консалтинга. Попытка оценить место *BSC* в инструментарии управления российским предприятием и анализ критических замечаний в адрес указанной концепции представлены в работах [3, 4]. Параллельно существуют альтернативные концепции, например, французская «приборная панель управления» *Tableau de Bord* [5], универсальная система показателей Х. Рамперсада [6], ключевые показатели Д. Парментера [7], призма эффективности (*Performance Prism*) Э. Нили, К. Адамса и М. Кеннерли [8] и др. Наш вариант классификации показателей, которые используются для управления компаниями, предложен в статье [9].

Распространение идеи управления по KPI подтверждается многочисленными публикациями отечественных авторов. Отдельное направление исследований в рамках этой тематики – применение системы мотивации персонала, основанной на KPI [10–15].

Проекты, связанные с изменением системы мотивации, достаточно болезненно воспринимаются сотрудниками предприятий и сопряжены с серьезным сопротивлением изменениям. Тем не менее, любая компания периодически сталкивается с необходимостью внесения корректировок в действующую систему мотивации. Практический опыт показывает нежизнеспособность сложных систем с чрезмерным числом KPI, систем с неочевидным для сотрудников алгоритмом применения набора KPI при расчете премиальной части заработной платы, а также тех, в которых преобладают KPI, не относящиеся к прямым обязанностям работников. Хотя такие несовершенные системы могут применяться годами, они не выполняют своей функции – не обеспечивают заинтересованность персонала в качественном и результативном труде. Низкая мотивация к труду приводит к утечке ключевых высококвалифицированных кадров, для которых трудно быстро найти адекватную замену, и к

стагнации бизнес-процессов. Чтобы как-то бороться с этим, руководители предприятий часто пользуются неформальными способами стимулирования сотрудников в обход неработающих KPI. Назначаются премии из директорского фонда за личные достижения, дополнительные премии к праздникам, дополнительные социальные выплаты, «привилегии» в форме сокращенного рабочего дня и т. п. Такие неформальные способы неизбежно транслируются не только на непосредственных подчиненных руководителя – его заместителей по функциональным направлениям, но и на возглавляемые ими структурные подразделения. Возникает параллельная официально принятой системе мотивации «технология» получения разовых поощрений по служебным запискам в отношении отдельно взятых сотрудников. В результате оценка труда каждого работника носит субъективный характер, а немалая часть рабочего времени тратится на борьбу за «место под солнцем». С нашей точки зрения, эффективность системы мотивации определяется тем, насколько она соответствует своему функциональному назначению – обеспечивает целевую производительность труда и лояльность персонала работодателю, а также способствует непрерывному совершенствованию бизнес-процессов. В данной статье проблемы мотивации рассматриваются на примере промышленности строительных материалов (ПСМ).

Единоличные владения и партнерства не позволяют сконцентрировать значительные финансовые ресурсы, поэтому для современной промышленности типична корпоративная организация бизнеса, основанная на объединении капиталов множества собственников. Например, основными игроками на рынке цемента являются холдинг «Евроцемент груп», компания Lafarge цемент, консорциум United Cement Group, компания «ХайдельбергЦемент Рус», холдинг «Сибирский цемент», холдинг «Holcim Group». Корпорации производят преобладающую долю ВВП и являются основным источником налоговых доходов государственного бюджета. На предприятиях, входящих в состав интегрированных корпоративных структур, работают тысячи сотрудников, а ежемесячный фонд оплаты труда (ФОТ) исчисляется десятками миллионов рублей. В некоторых подотраслях ПСМ доля ФОТ в себестоимости составляет более 30 %. Это делает ФОТ важнейшим фактором себестоимости и потенциальным источником роста

экономической эффективности. В связи с этим «цена вопроса» совершенствования системы мотивации весьма высока.

Как правило, разработкой системы мотивации для участников интегрированной корпорации занимается управляющая компания, которая стремится к стандартизации решения, т. е. внедрению единой системы на всех заводах корпорации. С нашей точки зрения, полная стандартизация нецелесообразна, так как даже в рамках одной корпорации предприятия имеют свою специфику факторов внутренней и внешней среды. Ниже охарактеризованы факторы, которые могут оказывать сильное влияние на работу предприятия и, с нашей точки зрения, обязательно должны учитываться в системе мотивации.

1) *Социально-демографические и/или географические особенности региона.* В России исторически население распределено неравномерно, тяготеет к промышленным центрам, развитой социальной инфраструктуре. В то же время ПСМ ориентирована на сырьевые месторождения, наличие топливно-энергетических ресурсов и транспортной инфраструктуры. Многие месторождения сырья имеют более чем столетнюю историю, а эксплуатирующие их предприятия ПСМ стали поселко- и градообразующими. Трудовой менталитет преобладающей части населения характеризуется инертностью и низкой склонностью к обучению. Внедрение новых технологий и техническая модернизация действующих предприятий (например, строительство высокоавтоматизированных технологических линий производства цемента по сухому способу) породило проблему дефицита высокопрофессиональных, образованных кадров. Привязка должностных окладов к некоторому типичному для промышленности региона, как правило, невысокому уровню сильно затрудняет привлечение компетентных специалистов из других регионов.

2) *Ресурсообеспеченность предприятия.* В ПСМ используются материалоемкие и энергоемкие технологии, поэтому данный фактор определяет экономическую безопасность производителей, их финансовые результаты и перспективы развития бизнеса. При равных подходах к мотивации персонала специалисты будут стремиться трудоустроиться на лидирующее по ресурсообеспеченности предприятие, так как на нем целевые значения KPI более достижимы. Типичный пример: два предприятия, входящие в один холдинг, расположены в относительной близости друг от

друга – в одном или соседних регионах. Одно из предприятий по ресурсобеспеченности находится в более выгодном положении. Это сразу определяет позиции лидера и аутсайдера, в том числе по привлекательности для трудоустройства высококвалифицированных специалистов.

3) *Технология производства и результат бизнес-процесса.* Любой бизнес-процесс реализуется ради конкретного результата. Именно показатель результата ложится в основу системы мотивации. Производство строительных материалов состоит из нескольких стадий переработки сырья. Традиционный способ производства подразумевает под собой наличие отдельных цехов и участков, результат работы которых заключается в выпуске определенных объемов материальных запасов разной стадии обработки. В частности, при производстве цемента мокрым способом карьер отвечает за объемы добычи цементного сырья, сырьевой цех – за объемы производства шлама, цех обжига – за объемы производства клинкера, цех помола – за объемы производства навалного цемента, цех упаковки – за объемы производства упакованного цемента. Переделы напоминают микрогосударства со своими *KPI*. На первый взгляд, это верный подход к мотивации – каждый отвечает за то, что он делает. В реальности такой подход может воплотиться в ситуацию, когда объемы отгрузки продукции потребителям падают, а все переделы продолжают получать 100 %-ную премию. Но система мотивации должна не только побуждать сотрудников добросовестно трудиться, но и обеспечивать финансовую эффективность предприятия в целом. Типичные проблемы мотивации при традиционном способе производства – отсутствие у сотрудников стремления работать на общий результат и дискуссионность выбора единого показателя эффективности работы завода в целом. Один вариант решения этих проблем – использовать при расчете премии несколько показателей. Например, 1/3 премии дает выполнение плана производства клинкера, 1/3 – выполнение плана производства цемента, 1/3 – выполнение плана по отгрузке.

Проблема раздробленности интересов отдельных подразделений и соответствующих *KPI* проявляется еще и в том, что в случае оптимизации одного бизнес-процесса нужно подстраивать под это изменение остальные цеха и участки, у сотрудников которых нет никакой мотивации к изменению своих обязанностей. Например, на отдельном участке произвели замену технологического оборудования. Новое

оборудование более производительное, с высоким уровнем автоматизации. У работников данного участка сразу возникают сомнения в его работоспособности, оспаривается возможность сокращения численности обслуживающего персонала. Неприятие технологической инновации работниками смежных участков связано с изменением их функциональных обязанностей и повышением ответственности (для нового агрегата нужно готовить более качественное сырье, более внимательно контролировать процесс и т.п.).

Эти проблемы становятся менее острыми в условиях производств, использующих современные технологии. Подразумевается применение высокоточного, высокопроизводительного, автоматизированного оборудования, которое представляет собой единый комплекс (технологическую линию) от переработки сырья до отгрузки готовой продукции. В данном случае главный критерий эффективности работы промышленного предприятия, входящего в состав корпорации, – это выпуск продукции в соответствии с проектной производительностью, требуемыми качественными характеристиками и плановой себестоимостью. В таких условиях проще создать систему мотивации, где каждый сотрудник понимает свой вклад в общий результат.

4) *Организация сбыта.* Если говорить об интегрированной корпоративной структуре, то в ней, как правило, существует отдельное сбытовое подразделение, которое занимается привлечением потребителей и заключением контрактов. Заводы могут повлиять на объем продаж гораздо в меньшей степени. Управляющая компания «спускает» план по отгрузке на уровень завода. Однако неправильно было бы утверждать, что завод не влияет на процесс продаж. Если рассмотреть отгрузку с точки зрения потребителя, то очевидно, что для него важно получить товар требуемого качества в необходимом количестве в указанный срок по согласованной цене. При разработке *KPI* должны быть прописаны четкие правила взаимодействия и разграничена ответственность между предприятием-производителем и сбытовой компанией (торговым домом), так чтобы в полной мере удовлетворить требования клиентов. В этом контексте логично устанавливать следующие *KPI* для завода:

- число обоснованных претензий к качеству готовой продукции, включая требования к упаковке;
- соблюдение нормативного времени доставки;

- полное выполнение объемов и ассортимента отгрузки по заявкам сбытовой компании;

- выполнение плана по самостоятельной реализации продукции на местном рынке.

Разграничение зон ответственности между торговым домом и заводом устанавливает более открытые «правила игры», но и более динамичную, зависящую от конъюнктуры рынка премиальную часть оплаты труда работников завода. Если рыночные условия объективно привели к сокращению отгрузки, то премию недополучают работники всех переделов, а не только тех, которые связаны с процессом сбыта. Такой подход к мотивации реализует принцип работы всех на общий результат и создает условия для создания определенной универсальности коллектива, взаимозаменяемости, дополнительного обучения смежным профессиям.

5) *Квалификация персонала.* Ценность разных категорий сотрудников для компании-работодателя не равнозначна. Специфичность профессии, опыт работы на передовых предприятиях отрасли и/или в крупномасштабных проектах, редкость предложения на рынке труда, обладание навыками работы на современном оборудовании многократно повышает интеллектуальный капитал специалиста. Особенно высокие требования к компетентности персонала возникают в связи с наличием так называемых высокоэффективных рабочих мест. Компания заинтересована в лояльности специалистов, особенно тех, которые прошли повышение квалификации, дополнительное обучение и/или зарубежную стажировку за счет средств работодателя.

Рассмотрим современный цементный завод сухого способа с одной технологической линией. Автоматизация производства позволяет существенно снизить общую численность работников по сравнению с сопоставимым по производительности заводом мокрого способа и, следовательно, сэкономить ФОТ. Но высокий уровень автоматизации в сочетании с организацией производства в виде последовательного ряда переделов предъявляет повышенные требования к компетенции специалистов и интенсивности их труда, вовлеченности в бизнес-процесс. Технологическая возможность параллельного выполнения основных бизнес-процессов отсутствует. Возникновение узкого места на одном участке сильно ограничивает или делает невозможными последующие операции. Производство фактически останавливается,

вызывая непродуктивные затраты. Поэтому на современных заводах профессионализм сотрудников, качество и результативность труда оказывают самое непосредственное влияние на экономические показатели.

Отдельно нужно упомянуть проблему разобщенности системы высшего образования и предприятий реального сектора экономики, исторически сложившуюся в результате экономического упадка 1990-х годов. Профессиональное образование часто не успевает за техническим прогрессом в промышленности строительных материалов, а предприятия не стремятся предоставить свою площадку для полноценного прохождения студентами производственных практик. В результате выпускники вузов не обладают достаточными знаниями и навыками для работы на современном оборудовании, а работодатели вынуждены осуществлять дополнительные инвестиции в подготовку и повышение квалификации персонала. Желание последних получать гарантированную отдачу от инвестиций в человеческий капитал вполне обосновано.

6) *Категория работника и его функционал.* Опыт показывает, что именно с этим фактором связано наибольшее число практических проблем мотивации. Его значимость уже обосновывалась нами в статье [15]. Мы убеждены, что работоспособность системы мотивации напрямую зависит от того, насколько соответствуют друг другу организационная структура, должностные инструкции и положение о премировании. «Синхронизация» этих внутренних документов, отсутствие противоречий между ними являются требованием международных стандартов системы менеджмента качества.

На промышленных предприятиях основным KPI для всего персонала часто является 100 %-ное выполнение плана производства. При этом есть категории персонала, функциональные обязанности которых никак не влияют на достижение объемных показателей производства и/или продаж. А степень влияния специалистов, напрямую связанных с технологическим процессом, определяется функционалом соответствующей профессии. Можно обозначить три главных критерия результативности производственного участника интегрированной корпорации: 1) стабильная работа с проектной производительностью (если это соответствует плану продаж); 2) работа с целевым коэффициентом использования оборудования; 3) достижение планового показателя себестоимости продукции. На первый критерий

влияет работа технологов, второй зависит от работы персонала, занятого техническим обслуживанием и ремонтами оборудования. А оператор, который управляет технологическим процессом, влияет на оба показателя, работает на высокотехнологичном рабочем месте с высокой интенсивностью труда.

Представляется, что наряду с *KPI*, характеризующими результаты и эффективность процессов производства и сбыта, система мотивации должна включать частные показатели, связанные с функционалом отдельных категорий сотрудников и даже отдельных должностей. Тогда заработная плата специалистов будет зависеть от тех показателей, на которые они влияют в ходе своей профессиональной деятельности, а также от уровня компетенции, необходимого для выполнения соответствующих должностных обязанностей..

На наш взгляд, система мотивации на современном предприятии ПСМ должна предусматривать дифференциацию принципов мотивации и набора *KPI* в отношении трех категорий персонала: ведущие специалисты, управляющие основными технологическими процессами; рабочие; административно-управленческий персонал.

Первая категория – представляющие особую ценность для работодателя специалисты интеллектуального напряженного труда, обладающие специфическими навыками в области управления основными бизнес-процессами. Это инженеры АСУТП, инженеры КИПиА, специалисты центра управления производством (ЦУПа). Их обучение в условиях реального производства возможно только в течение очень ограниченного времени, главным образом, на этапе пусконаладочных работ в рамках введения в эксплуатацию нового завода или модернизации действующего производства. Компания по сути «выращивает» команду специалистов, знающих технические и технологические особенности конкретного производства, и заинтересована в их лояльности и передаче накопленного опыта вновь приходящим молодым специалистам. Для этой категории сотрудников целесообразно использовать повышающий коэффициент (надбавку). Значение коэффициента должно определяться уровнем профессиональной компетенции, который регулярно оценивается на аттестациях.

Вторая категория персонала – это рабочие. Премияльная часть их заработной платы должна зависеть от: 1) соблюдения норм расхода топливно-энергетических ресурсов; 2)

соблюдения планового значения коэффициента использования оборудования; 3) соблюдения норм охраны труда и техники безопасности, выполнения положений внутренних регламентирующих документов.

Третьей категорией является административно-управленческий персонал. Система мотивации должна способствовать тому, чтобы каждый специалист АУП не только выполнял свои функциональные обязанности в рамках правового поля и внутренней регламентирующей документации, но и занимал активную позицию в отношении поиска резервов снижения затрат, а также улучшения хода бизнес-процесса, в котором этот сотрудник задействован и взаимодействия с участниками смежных бизнес-процессов.

В заключение отметим, что инициирование состязательности производственных смен путем информационной открытости и визуализации достигнутых значений *KPI* является действенным рычагом усиления материальных стимулов. Наглядная демонстрация промежуточных и итоговых значений *KPI* порождает дух конкуренции и стремление к совершенствованию. Подчеркнем, что эта мера будет работать, только в том случае, если предусмотренные системой мотивации *KPI* являются достижимыми и управляемыми.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. 320 с.
2. Каплан Р., Нортон Д. Награда за блестящую реализацию стратегии. Связь стратегии и операционной деятельности гарантия конкурентного преимущества. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес, 2010. 368 с.
3. Бухонова С.М., Молчанова В.А., Насибова Э.И., Трунова Е.В. Balanced Scorecard: инновация стратегического управления или уходящая мода // Социально-гуманитарные знания. 2013. № 8. С. 142–151.
4. Молчанова В.А. Особенности разработки сбалансированной системы показателей на малых и средних предприятиях // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 78–84.
5. Редченко К. Показательное несогласие: Balanced Scorecard и Tableau De Bord. [Электронный ресурс]. URL: http://iteam.ru/publications/strategy/section_27/article_611 (дата обращения 09.08.2016)
6. Рамперсад Х. Универсальная система показателей деятельности. М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. 351 с.

7. Парменер Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей. М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 2008. 288 с.
8. Нили Э. Призма эффективности. Карта сбалансированных показателей для измерения успеха в бизнесе и управления им / Э. Нили, К. Адамс, М. Кеннерли. М.: Баланс-Клуб, 2003. 400 с.
9. Трунова Е.В. Классификация показателей деятельности компании // Экономический анализ: теория и практика. 2010. № 36. С. 25–28.
10. Ветлужских Е. Мотивация и оплата труда: Инструменты. Методики. Практика. М.: Альпина Паблишер, 2013. 149 с.
11. Сатонина Н.Н. Ключевые показатели эффективности как способ повышения эффективности работы персонала организации // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Экономические науки. 2012. № 4 (6). С. 61–66.
12. Берсенёв В.Л., Томильцев А.В., Пыткин А.Н. Ключевые показатели эффективности (KPI) как инструмент оценки эффективности государственных и муниципальных служащих // Журнал экономической теории. 2014. № 1. С. 239–243.
13. Зорина Э. Ключевые показатели эффективности как инструмент управления персоналом // Управление персоналом. 2009. № 8. С. 49–50.
14. Палаткина А.В. Механизм разработки ключевых показателей эффективности для совершенствования переменной части заработной платы // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2011. № 167. С. 122–125.
15. Трунова Е.В. Система мотивации на основе ключевых показателей эффективности как фактор роста производительности труда // Белгородский экономический вестник. 2015. № 4 (80). С. 12–126.

Trunova E.V.

KEY FACTORS OF MOTIVATION OF PERSONNEL ON KPI AT THE ENTERPRISE OF THE INDUSTRY OF CONSTRUCTION MATERIALS

The modern companies in different spheres of economic activity often use incentive systems on the basis of key performance indicators (KPI). At the same time there are a number of the practical difficulties doing motivation on KPI not productive. The review of the significant factors defining efficiency of incentive system at the enterprise is presented in the article. An object of the research is an enterprise of the industry of construction materials which is a participant of the integrated corporation. There are characterized such factors as social, demographic and geographical features of the region, resources availability for the producer of construction materials, the production technology and the result of business process, the organization of sales, qualification of personnel, category of the worker and his functions. The characteristic of factors of motivation of personnel is given in a binding to the cement industry. The lack of connection between functions of the worker and KPI affecting bonus part of his salary is considered as one of the main problems.

Key words: *personnel, incentive, system of motivation, key performance indicator.*

Трунова Екатерина Викторовна кандидат, кафедры финансового менеджмента экономических наук, доцент Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: trunova_ev@mail.ru

DOI: 10.12737/22069

Данилкин И.А., канд. юр. наук, заместитель начальника
экспертно-криминалистического центра
Главного управления МВД России по г. Москве –
начальник отдела строительно-технических экспертиз,
Московский государственный строительный университет,
Авилова И. П., канд. экон. наук, проф.,
Наумов А. Е., канд. техн. наук, доц.,
Щенятская М. А., канд. экон. наук
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

i-danilkin@mail.ru

Результаты современных научных исследований характеризуют отрасль строительства как крупномасштабную, имеющую социальную направленность, инфраструктурную и мультипликативную в реальном секторе российской экономики. На сегодняшний день с уверенностью можно утверждать, что сфера строительства является ключевой для решения комплексной задачи формирования, координации и управления жизненными циклами безопасной, комфортной и эффективной среды обитания. Развитие предприятия стройиндустрии напрямую связано с эффективным использованием его технического и производственного потенциала. Под теоретическими и методологическими основами управления совокупным потенциалом предприятия стройиндустрии понимается система основополагающих и взаимоувязанных идей, принципов и общих подходов к формированию и реализации экономической стратегии его разработки, развития и использования.

Ключевые слова: производственный потенциал, технический потенциал, производственные ресурсы, факторы развития потенциала предприятия.

Введение. В контексте исследования дадим следующее определение понятий «формирование», «развитие», «использование» технического потенциала предприятия стройиндустрии.

Формирование – целенаправленное выделение из среды и структуризация технического потенциала, то есть определение:

- а) блоков, составных частей и элементов;
- б) связей и отношений, которые объединяют блоки, составные части и элементы, превращают их в систему;
- в) количественных и качественных параметров элементов, составных частей, блоков и потенциала в целом.

Развитие – целенаправленное изменение в определенном временном горизонте количественных и качественных характеристик технического потенциала от некоторого их начального состояния до заданного конечного состояния.

Использование – целенаправленный процесс реализации технического потенциала.

Понятие «потенциал» происходит от латинского слова «potentia», которое означает силу, мощь, возможность, способность, существующую в скрытом виде и способную проявиться при определенных условиях. Согласно Совет-

скому энциклопедическому словарю, изданному в 1990 году (четвертое издание), «потенциал – источники, средства, запасы, которые могут быть использованы для решения какой-либо задачи, достижения определенной цели, возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области». С.И. Ожегов, один из наиболее авторитетных знатоков современного русского языка, трактует потенциал как «Степень мощности в каком-нибудь отношении, совокупность средств, необходимых для чего-нибудь» [1].

Основная часть. Составляющей производственного потенциала предприятия стройиндустрии является еготехнический потенциал, то есть:

- производственный потенциал - это умение достигать намеченных целей предприятия, пользуясь находящимися в распоряжении в настоящий момент времени техническими, технологическими, трудовыми, финансовыми, информационными и организационными ресурсами.

- технический потенциал строительного производства - это способность произвести за единицу времени (час, смену, день, декаду, месяц, квартал, год и т. д.) установленные виды и

объемы работ по выпуску строительной продукции, пользуясь находящимися в распоряжении в настоящий момент времени техническими и трудовыми ресурсами.

Таким образом, очевидно, что от грамотного использования и развития производственного потенциала предприятия зависит возможность достижения намеченных им целей. Формирование и взаимосвязь технического и производственного потенциала, их ресурсные составляющие схематично представлены на рис. 1.

Производственные ресурсы являются первостепенным фактором, обуславливающим внутреннее содержимое технического и производственного потенциалов, их согласованность условиям, целям и задачам строительного производства [10, 11]. Технические ресурсы – это совокупность и многообразие строительных машин и механизмов, технологического оборудования.

Трудовые ресурсы – административно-управленческие и инженерно-технические работники, а также работники, управляющие техникой.

Организационные ресурсы – способы организации планирования, управления, контроля и стимулирования, формирования, развития и использования производственного потенциала.

Финансовые – объем и методы использования денежных средств для формирования, развития и использования производственного потенциала [26].

Информационные ресурсы – своевременно полученные достоверные сведения, необходимые для формирования, развития и использования производственного потенциала.

Временные ресурсы – имеющийся резерв времени принятия для осуществления управленческих решений по формированию, развитию и использованию производственного потенциала. Важное отличие этого ресурса от других видов состоит в том, что он невосполним [4].

Каждый из этих видов производственных ресурсов характеризуется определенными параметрами, от которых зависят потенциальные возможности как самого ресурса, так и производственного и технического потенциала хозяйственного объекта в целом [9].

Эксплуатационные и экономические характеристики строительных машин и механизмов обуславливают их потенциально достижимую производительность и экономичность.

Важнейшими элементами ресурсных составляющих технического потенциала являются:

- численность машин и механизмов;
- обеспеченность их инвентарем и оборудованием;

- структура (состав) машин;
- технический уровень машин и механизмов;
- техническое состояние машин и механизмов;
- обеспеченность механизаторами и их профессиональный уровень.

От профессионального уровня работников различных категорий: трудовых навыков в сочетании с отношением к труду, обязанностям зависит производительность и качество труда. Реализация потенциально высоких возможностей тяжелой строительной техники будет напрямую зависеть и от квалификации обслуживающих ее работников. При высокой квалификации эти возможности, при прочих равных условиях, будут реализованы полностью, а при низкой – лишь частично. Из этого следует, что чем производительнее машина, сложнее и дороже, тем выше должен быть профессиональный уровень механизатора, за которым она закреплена. Именно так, по возможности, поступают грамотные руководители строительных организаций или баз механизации [3].

Также следует отметить, что в перечень элементов ресурсной составляющей технического потенциала строительного производства не включены такие показатели, как состояние ремонтно-обслуживающей базы и обеспеченность профессиональными менеджерами, хотя оба они, несомненно, влияют на величину технического потенциала.

Технический потенциал может точно соответствовать поставленной цели (например, производству строительной продукции согласно запланированному объему работ, качеству и себестоимости, быть избыточным или недостаточным. На реализацию технического потенциала могут влиять не только состояние ремонтно-технической базы, численность и профессионализм административно-управленческих работников и инженерно-технических работников, но и условия строительного производства. Например, рассредоточенность объектов строительства, сложные геологические и природно-климатические факторы, недоиспользованные технические возможности строительной техники, обусловленные заказами на строительство зданий из мелкоштучных элементов и т.д. К примеру, использование башенных кранов с большой грузоподъемностью при строительстве кирпичных зданий небольшой этажности или экскаваторов с большой емкостью ковша при небольших объемах земляных работ не обеспечивает реализацию потенциально высокой производительности применяемой техники, в данном конкретном случае крана и экскаватора. В

подобных случаях технический потенциал будет избыточным, что отрицательно отразится на

экономических показателях функционирования предприятия стройиндустрии [2, 20, 21, 22].

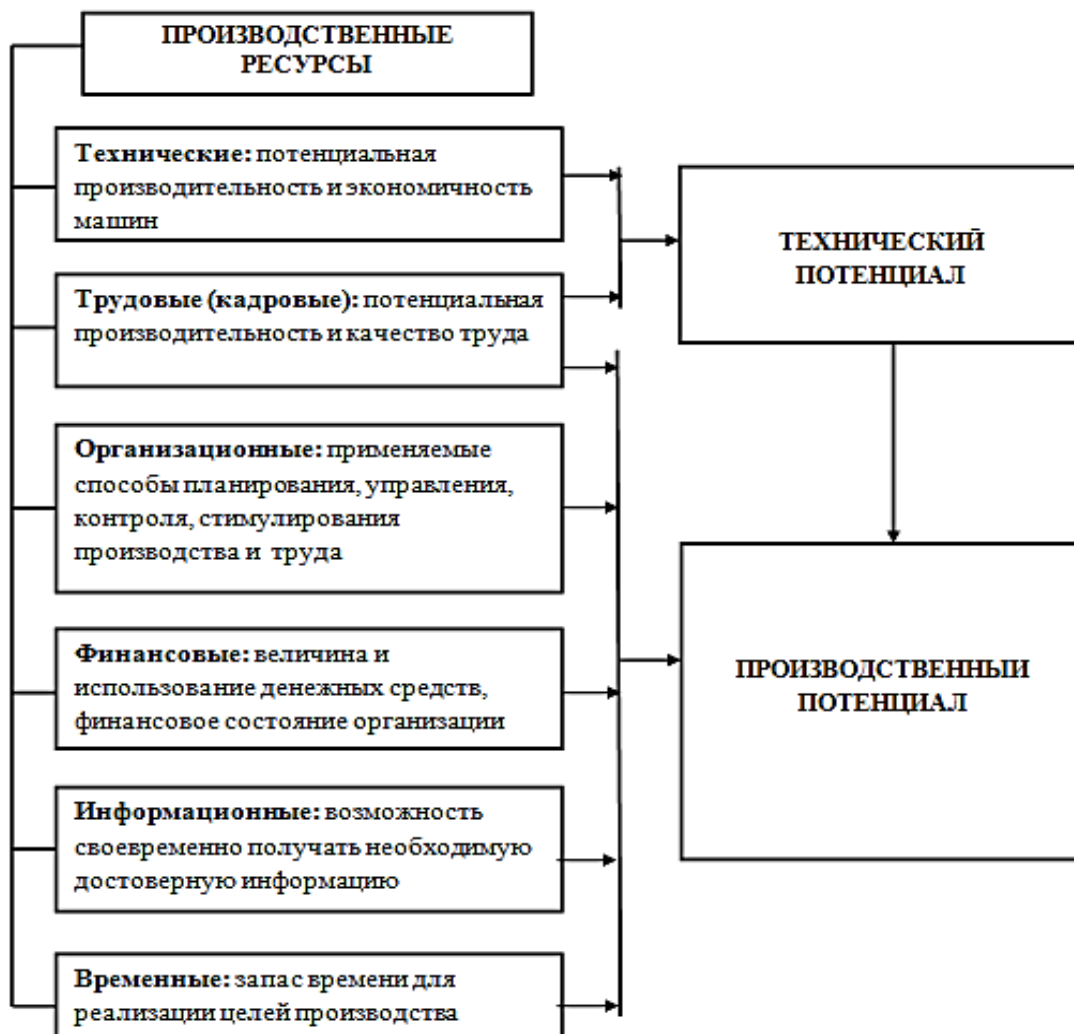


Рис. 1. Формирование технического и производственного потенциала предприятия стройиндустрии

Производители и поставщики строительных машин и механизмов в большей степени влияют на решение вопросов по приведению в соответствие с потребностями производства структуры парка, параметров и характеристик строительных машин и механизмов. Структура и количество механизмов должна являться оптимальной, что позволит предприятиям использовать соответствующую условиям эксплуатации технику. Именно такой грамотный подбор машин и механизмов повлияет на экономические показатели предприятия стройиндустрии, потому как технический потенциал будет достаточным, а не избыточным.

Технический потенциал – это интегральный фактор эффективности строительного производства, соответственно целенаправленные решения по его развитию и использованию формируют не только экономический, но также технологический и социальный эффекты. В зависимости от количественных и качественных характеристик ресурсных составляющих технический

потенциал может точно соответствовать поставленной цели (например, выполнению строительных работ в полном объеме должного качества и себестоимости), быть избыточным или недостаточным [8, 25].

Таким образом, можно сделать вывод, что технический потенциал представляет собой комплексное взаимодействие технических и трудовых ресурсов. Он относится к классу человеко-машинных систем, характерные черты которых необходимо принимать в расчет при формировании управленческих решений по развитию и использованию потенциала [27]. Также необходимо учитывать как технические, финансовые, так и социальные результаты их воплощения в жизнь.

Следует учитывать, что величина экономического эффекта от решений по формированию и использованию технических ресурсов зависит не только от внутрисменных факторов – численности, кадрового состава и профессионального уровня работников сферы эксплуатации

техники; численности, марочного и возрастного состава машин, их технико-эксплуатационных и экономических характеристик. Такое же, если не большее, влияние на величину эффекта оказывают внешние по отношению к техническому потенциалу условия, то есть среда, инфраструктура в которой он будет развиваться и использоваться. Можно выделить макро-, мезо- и микросреду развития и использования технического потенциала строительного производства [6, 23, 24].

Макросреду образуют факторы, действующие на общегосударственном уровне. К ним относятся федеральные нормативные правовые акты, государственные стандарты и федеральные целевые программы, другие документы, которые образуют федеральное правовое поле развития и использования технического потенциала. В эту же группу следует отнести состояние экономики страны в целом и государственного бюджета; макроэкономические процессы, например, динамику инфляции, цен на технику и ценового диспаритета, собираемость налогов, платежеспособность государства и т.д.

Мезосреду формируют факторы, действующие на региональном уровне. К ним относятся властные полномочия, которыми обладают законодательные и исполнительные органы управления региона (республиканская, областная, городская, районная администрация) в части обеспечения строительного производства техническими и трудовыми ресурсами, система подготовки и переподготовки кадров по эксплуатации техники. Сюда же относится система местного налогообложения, развитость и экономическое положение региональных финансово-кредитных и страховых компаний, состояние и структура местного бюджета.

Микросреду составляют условия, в которых непосредственно развивается и используется технический потенциал строительного производства. Это экономическое положение строительных организаций, баз механизации, лизинговых компаний и перспективы его улучшения; состояние производственной базы по ремонту и техническому обслуживанию машинного парка; кадровый потенциал и квалификация управленческого персонала. Важную категорию составляют и организационно-технологические факторы строительного производства. К ним можно отнести организационно-технологические схемы возведения зданий, направления движения строительных потоков, смежность выполнения различных строительных работ на объекте.

Макро-, мезо- и микроэкономические факторы внешней среды в количественной или качественной их интерпретации следует рассмат-

ривать как входные параметры системы «технический потенциал строительного производства», воздействующий на те или иные ее элементы. Такими параметрами могут быть, скажем, цены на различные виды строительной техники, размер дотаций из федерального или местного бюджета на ее приобретение, размер, сроки и периодичность лизинговых платежей, размер и порядок взимания налога на имущество, законодательно установленный порядок начисления амортизации и т.д. Они определяют способность строительных организаций закупать строительную технику и поддерживать ее работоспособность [5, 7, 12, 13, 14].

Оценка экономической эффективности управленческих решений по выбору структуры и параметров материальной составляющей технического потенциала строительного производства сводится к сопоставлению необходимых затрат и достигнутых результатов. Для этого используются определенные показатели, которые позволяют с необходимой точностью и достоверностью измерить затраты и результаты [15, 16, 17, 18, 19].

Выводы. Таким образом, можно говорить о взаимодействии и взаимовлиянии технического потенциала строительного производства и внешней среды, производственно-экономической и организационно-управленческой инфраструктуры. Эта система в случае положительной динамики макро-, мезо- и микроэкономических процессов раскрутит спираль взаимного экономического развития.

Завершая рассмотрение технического потенциала строительного производства как объекта управления, отметим, что управленческие решения по развитию и использованию в основном имеют стратегический характер, то есть рассчитаны на долговременную перспективу и осуществляются специалистами высшего управленческого звена. Основной инструмент стратегического управления техническим потенциалом – экономическая стратегия его развития и использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грабовый П.Г., Авилова И.П., Барин В.Н., Верстина Н.Г., Рыкова М.А., Борисов А.Н., Грызлов В.С., Кириллова А.Н. и др. Сервейинг: организация, экспертиза, управление: учебник в 3-х частях // Москва, 2015. Том 3 Управленческий модуль системы сервейинга. 552 с.
2. Баронин С.А., Бенуж А.А., Казейкин В.С., Кулаков К.Ю., Манухина Л.А., Янков А.Г., Луняков М.А., Мороз А.М., Подшиваленко Д.В. Управление строительством жилья экономического класса на основе совокупной стоимостью затрат

в контрактах жизненного цикла. Пенза, 2014.

3. Грабовый П.Г., Манухина Л.А. Планирование развития земельно-имущественного комплекса города с учетом различных концептуальных задач / Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сб. докладов Междун. научной конференции. 2013. С. 494–498.

4. Манухина Л.А. Рациональное планирование земельного комплекса городов // Недвижимость: экономика, управление. 2012. № 2. С. 64–67.

5. Манухина О.А., Короткова Е.М. Современные тенденции градостроительной политики в г. Москве // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. №6 (19). С. 95–98.

6. Самосудова Н.В., Варская Т.В. Фундаментальные основы проектирования и управления жизненным циклом недвижимости: надежность, эффективность и безопасность // Недвижимость: экономика, управление. 2015. №2. С. 71–75.

7. Трухина Н.И., Куракова О.А., Орлов А.К. Анализ отечественного и зарубежного опыта учета и оценки гудвилла. // Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 1. С. 78–81.

8. Манухина Л.А. Развитие муниципального земельного девелопмента комплексной жилой застройки. // Недвижимость: экономика, управление. 2013. №2. С. 56–58.

9. Щусь Е.Г., Нарезная Т.К. Современная инженерная инфраструктура как важная составляющая комфортной жизни // В сборнике: Развитие научной школы теории управления недвижимостью. Сборник материалов Международного научно-практического семинара. 2015. С. 236–240.

10. Авилова И.П., Рыкова М.А., Хай Д.З. Модификация показателей экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с использованием профилей риска неполучения доходов проекта // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014. № 4. С. 133–137.

11. Рагимов Ф.И., Рыкова М.А., Товстий В.П. Методика построения профиля индивидуальных рисков инвестиционно-строительного проекта // Недвижимость: экономика, управление. 2014. № 3–4. С. 25–29.

12. Авилова И.П., Щенятская М.А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 4. С. 141–145.

13. Соколова Н.Ю., Наумов А.Е., Щенятская М.А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации

жилых объектов // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научн. трудов по мат-лам Междун. научно-практ. конф. 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.

14. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательного инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

15. Ралко О.Г., Наумов А.Е., Голдобин А.Н. К вопросу о выборе эффективности метода управления объектом недвижимости // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 18 частях. 2013. С. 136–138.

16. Рыкова М.А. Эндогенный подход к квалитметрии рисков инвестиций в недвижимость // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 1. С. 335–338.

17. Коровина Т.А., Наумов А.Е. Основные принципы и методология управления рисками инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 116–119.

18. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.

19. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // В сб.: Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Междун. научно-практ. конф. Тамбов, 2014. С. 8–10.

20. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство, 2014. №12 (Ч. 4). С. 594–596.

21. Борисова Е.В., Наумов А.Е., Авилова И.П. К вопросу оценки коммерческого потенциала городских промышленных территорий // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 66–69.

22. Тупкина О.Н., Наумов А.Е. Типовой

жилой комплекс как потребитель энергии и коммунальных услуг с точки зрения инфраструктуры // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Том 5. Тамбов, 2015. С. 139–141.

23. Михайлюкова Я.Ю., Наумов А.Е. Инфраструктурная полнота как фактор повышения эффективности инвестиций в мультиформатные поселки // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 80–84.

24. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной деятельности в недвижимости // Экономика и предпринимательство. 2014. №12 (Ч. 4). С. 588–590.

25. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. Оценка финансово-экономических рисков инвестиционно-строительного проекта при дефиците исходных данных // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 185–189.

26. Дорошенко Ю.А., Авилова И.П. К вопросу о назначении ставки дисконтирования при оценке эффективности инвестиционных проектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2007. Т. 4. № 8. С. 169–172.

27. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А., Томилиная Э.И., Табурчак А.П. Обеспечение реализации стратегий инновационного развития // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2007. № 1. С. 130–133.

Danilkin I.A., Avilova I.P., Naumov A.E., Shchenyatskaya M.A.

THE BASIC PRINCIPLES OF MANAGEMENT TECHNICAL CAPACITY OF CONSTRUCTION INDUSTRY ENTERPRISES IN THE IMPLEMENTATION OF INVESTMENT-CONSTRUCTION PROJECTS

Results of modern scientific research characterize a construction industry as the large-scale, having social focus, infrastructure and multiplicative in real sector of the Russian economy. Today with confidence it is possible to claim that the sphere of a construction is key for the solution of a complex task of forming, coordination and management of lifecycles of the safe, comfortable and effective habitat. Development of the entity of building industry is directly connected with effective use of its technical and potential production. Theoretical and methodological bases of management of the cumulative capacity of the entity of building industry are understood as system of the fundamental and interconnected ideas, principles and general approaches to forming and implementation of economic strategy of its development, development and use.

Key words: potential production, technical potential, production resources, factors of development of capacity of the entity.

Данилкин Игорь Анатольевич, кандидат юридических наук, заместитель начальника экспертно-криминалистического центра Главного управления МВД России по г. Москве – начальник отдела строительно-технических экспертиз, Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 143966, Московская обл., г. Реутов, ул. Лесная, д. 11.

E-mail: i-danilkin@mail.ru

Авилова Ирина Павловна, кандидат экономических наук, профессор кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: avilova_irina@mail.ru

Наумов Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: andrena@mail.ru

Щенятская Марина Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: marine-r@mail.ru

Васильева О.В., канд. экон. наук, доц.,
Нгуен В.Х., аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И ЭКОНОМИКИ ВЬЕТНАМА

ol-vasiljevasp@ya.ru

В данной статье повествуется об инновационной деятельности и направлениях развития инноваций строительного комплекса (СК), а также обоснована необходимость введения инноваций в Республике Вьетнам с целью обеспечения конкурентоспособности страны на мировом рынке. Показана актуальность научно-теоретических представлений о действующей системе инноваций для инвестиционно-строительных циклов. Предложенная и обоснованная информация позволила выделить и раскрыть содержание главных направлений инновационного совершенствования процессов и механизмов инвестиционно-строительного комплекса.

Ключевые слова: инновации; инновационные технологии; инновационный менеджмент; инвестиционно-строительный цикл; инновационный процесс; строительный комплекс, научно-технологическая база, конкурентоспособность; инновационно активное предприятие.

Важным движущим направлением экономического роста в настоящее время являются инновации, внедряемые в производство, в управлении, эксплуатации и потреблении. Практика ведения мирового бизнеса показывает, что разработка и внедрение нового – это обеспечение высокой конкурентоспособности отдельно взятой компании, а также главный стимул экономического развития государства в целом. В условиях инновационно-ориентированной рыночной экономики перед мировыми компаниями встает острая проблема экстренного оперативного реагирования на

кризисность и нестабильность рыночной среды, с одной стороны, и формирования конкурентной стратегии и политики развития компаний, с другой [1, 2, 16, 19].

Государственные инновационные системы часто имеют существенные отличия друг от друга в деталях, но тем не менее, наделены и общими чертами. Для того, чтобы инновационная система могла с успехом функционировать, она должна обладать определенной структурой, включать в себя совокупность взаимодействующих между собой блоков, которые представлены на рисунке 1.

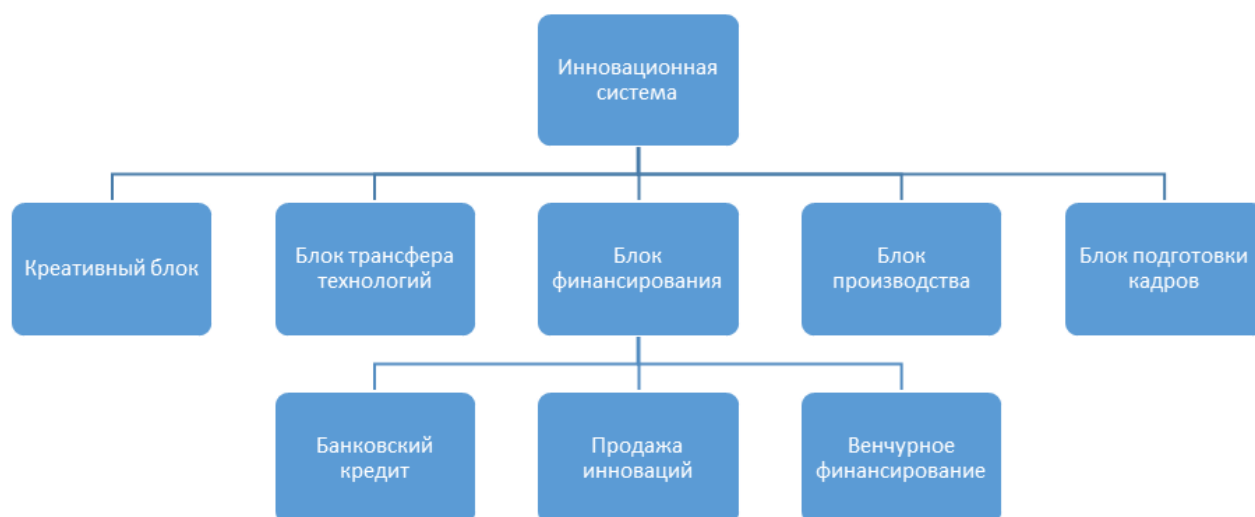


Рис. 1. Структура инновационной системы

Разработка полного цикла действий в рамках Стратегии научно-технологического развития на 2011–2020 гг. дает новую возможность Республике Вьетнам для корректировки своей политики. Вьетнаму, как и другим странам с экономикой переходного типа,

необходимо, во-первых, пересмотреть существующие условия, препятствующие здоровой конкуренции; внедрить перспективные инструменты политики, ориентированные на развитие и спрос; во-вторых, обеспечить доступность информации и формирование

инструментов, дополняющих направления экономического регулирования [8, 9].

Существующие проблемы управления инновациями в строительном комплексе Вьетнама в современных экономических условиях следующие:

- уменьшение расходов на инновации, вызванное сокращением инвестиций как в науку, так и в техническое перевооружение, обновление продукции и производства;
- рост темпов отсталости от мирового уровня научно-технического прогресса по широкому спектру качественных параметров развития техники;
- отсутствие плавных преобразований в работе существующих производственно-экономических, материально-технических и социально-организационных структур;
- снижение распространения инноваций на широком пространстве строительной индустрии (внедрение на одном-двух компаниях);
- медленная текучесть инновационных процессов во времени, чаще на заключительной стадии инновационно жизненного цикла [4, 5]

Инновационное развитие может осуществляться разными способами. При этом строительные компании должны выбирать проекты, которые могут принести наибольшую прибыль с минимальными рисками.

Сформулированные правительством Вьетнама приоритеты и цели инновационного обновления экономики и строительного комплекса Вьетнама, в том числе и перспективные, отражают лишь осознанную действительность на данный момент времени. В тоже время, на этапах развития строительного комплекса его цели могут коренным образом изменяться, точнее, возможности их реализации могут трансформироваться по мере осознания новых условий и фактов функционирования [12, 13, 14]

По этой причине неуделение должного внимания факторам непрерывного инновационного развития строительной индустрии может лишить компании нужной им конкурентоспособности.

Можно выделить перспективные направления инновационного обновления строительного комплекса и экономики Вьетнама:

- проведение правительством страны активной политики по привлечению иностранных инвестиций, но не допуская при этом втягивания страны в интеграцию с мировым хозяйством на невыгодных для себя условиях;
- отмена нетарифных и тарифных ограничений импорто-экспортной

деятельности, строительной продукции и сырья для производства строительных материалов;

- создание гибкой системы налогообложения доходов и прибыли компаний, в том числе строительной отрасли, осуществляющим свою деятельность на внутреннем рынке;
- консолидация использования общей информационно-финансовой среды рынка инвестиций, единого комплекса взаимосвязанных инвестиционных технологий по организации обращения инвестиционных ресурсов в строительную отрасль;
- обеспечение инновационной безопасности строительной отрасли;
- организация и ввод в действие центрального интегрированного банка информации по установленным профилям, выполняющего функции головного элемента системы инновационного мониторинга.

Кроме того, необходим особый контроль за инновационным развитием в строительной индустрии страны, и грамотная систематизация и распределение [17, 19].

Система постановки задач внутрихозяйственного контроля инноваций в строительном комплексе Вьетнама основывается на классификации следующих видов контроля, представленных в табл. 1 [3, 7].

Обобщение результатов проведенного наблюдения за процессом внедрения инноваций, позволяет представить SWOT-анализ инновационного потенциала строительного комплекса (СК) Республики Вьетнам (Табл. 1).

Сегодня, Вьетнам находится на этапе индустриализации, модернизации страны и стремления к глубокой международной интеграции. Поэтому система управления инновациями, кроме усиления своих позиций и мобилизации внутренних ресурсов, должна оптимизировать поддержку из внешних источников в рамках международного сотрудничества в области строительного комплекса.

Таким образом, инновационная политика строительного комплекса Вьетнама — это не только часть инновационной стратегии, но и важная составляющая инновационного процесса. Перспективная инновационная политика представляет собой непрерывный процесс управления инновационным обеспечением, направленный не только на создание возможности воспроизводства самого инновационного процесса, но и выбор и реализацию наиболее эффективных форм инноваций [5, 10].

Таблица 1

Виды контроля инноваций в организациях строительного комплекса Вьетнама

Виды контроля по временным периодам	Целевые виды контроля инноваций		
	Контроль достоверности	Контроль соответствия и сметный контроль	Контроль эффективности
Предварительный	Проверка достоверности показателей планов финансовой деятельности, инноваций и показателей информационной базы для принятия решений	Проверка соответствия инновационных планов и смет показателям бюджета, принятой стратегии и политике, законодательству и внутренним инструкциям	Проверка эффективности инноваций в соответствии с принятой стратегией развития, степени влияния на организацию выбора вариантов ИП
Текущий	Проверка достоверности текущей информации бухгалтерского и оперативного учета об инновационной деятельности, показателей планов и прогнозов	Проверка соответствия текущих операций стратегическим планам, приказам и инструкциям в рамках законодательства	Оценка эффективности инноваций на текущем этапе их реализации, их влияния на результаты деятельности организации, перспектив развития
Последующий	Проверка достоверности данных учета и отчетности по инновационной деятельности, их обоснованности прогнозам и планам	Проверка соответствия планов инноваций и их фактической реализации в рамках принятых стратегий внутренним документам и законодательству	Использование передовых методов принятия решений в рамках инновационного менеджмента

Таблица 2

SWOT-анализ инновационного потенциала строительного комплекса (СК) Республики Вьетнам

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Стабильный социально-экономический рост как условие ресурсного обеспечения инновационных процессов и активизации инновационной деятельности строительного комплекса. 2. Поддержка инновационного бизнеса, эффективная господдержка инновационной активности строительного комплекса. 3. Значительный ресурс венчурного капитала, позволяющий переориентацию инвестиционных портфелей и снижение инновационных рисков в строительного комплекса. 4. Использование передового опыта, системная кадровая политика, создание информационного поля инновационной деятельности строительного комплекса.	1. Недостаточно проработанное нормативно-правовое обеспечение инновационной деятельности строительного комплекса, приводящее к совмещению критериев инвестиционных и инновационных проектов. 2. Поддержка более поздних стадий инновационного процесса строительного комплекса. 3. Доминирование интересов получения прибыли над стратегией финансирования рискованных, радикальных инновационных проектов строительного комплекса. 4. Низкая мотивация бизнеса строительного комплекса на проведение собственных ИиР; отсутствие ресурсов для полноправного участия в венчурном бизнесе.
Возможности	Угрозы
1. Активизация взаимодействия научного, инвестиционного секторов, крупных предприятий строительного комплекса, малого и среднего бизнеса, путем создания кластера. 2. Участие в инвестиционных конкурсах, привлечение венчурного капитала в строительного комплексе	1. Уменьшение конкурентоспособности научного сектора, исчерпание научного потенциала; 2. Увеличение зависимости от иностранных технологий, повышение разрыва между наукой и производством.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алисов А.Н. Управление развитием социально ориентированной экономики региона. М.: Прогресс, 2004
2. Бобровских С.С. Комплексный механизм организации управления крупными инновационно-строительными проектами //

Российское предпринимательство, август 2010, выпуск

3. Денисов Г.А. Каменецкий М.И. Инновационная деятельность в строительном комплексе: организационно экономический аспект // Экономика строительства. №7. 2007.
4. Зайцева А.С. Вьетнам в XXI веке: развитие институтов научно-технической и

инновационной политики - ФОРСАЙТ Т. 6. №2 2012.

5. Локотко А.В., Третьякова Т.М. Проблемы и перспективы строительного комплекса // Вестник КАСУ. №3. 2010.

6. Никифорова А.А. Инновационная активность строительных предприятий // Инновационная экономика: материалы междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). Казань: Бук, 2014. С. 153–165.

7. НгуенДыкТхань. Annual report Vietnam's economist of VEPT 2015y.t. Ханой. Знания.2015. С. 180.

8. Асаул А.Н., Заварин Д.А. Основные направления инновационного совершенствования процессов и механизмов инвестиционно-строительного цикла // Вестник института экономики и управления НовГУ. 2014. № 2. С.15–21

9. Экономика Вьетнама. URL: http://www./economy_1.htm

10. <http://vneconomy.vn/thoi-su/kinh-te-viet-nam-2016-co-nhieu-thuan-loi2016030308556441.htm>

11. <http://vovworld.vn/ru-RU/экономические-перспективы-Вьетнама-на-2015-год.htm>

12. Регулирование иностранных инвестиций // Внешнеэкономический комплекс

России: Современное состояние и перспективы. 2005. №2. С. 50–58.

13. Регулирование иностранных инвестиций // Внешнеэкономический комплекс. 2005. №1. С.59–66.

14. Панкратов О.Е. О привлечении иностранных инвестиций в строительство и направлениях их рационального использования // ЭС. 2000. № 3.

15. Ca T.C., Hung N.V. (2011) Vietnam: Current Debates on the Transformation of Academic Institutions // Goransson B., Brundenius C. (eds.) Universities in Transition: The Changing Role and Challenges for Academic Institutions. Ottawa: IDRC. P. 119–143.

16. Dau tu va xay dung tren the gioi, Thong tin XDCB va khoa hoc CNXD.2001. №4.

17. Ha Thi Ngoc Oanh. Lien doanh dau tu nuoc ngoai tai Viet nam. Ha noi TP.HCM: Nha xuất bản giáo dục, 1998.

18. Hoat dong xay dung co ban 1999. TP. HCM: Cue thong ke TP. HCM, 1999.

19. Hong Lam. Nguon von dau tu true tiep nuoc ngoai // Sai gon dau tu va xay dung, 2001, №4.

20. Hong Phuong. San xuất va tiêu thụ xi măng trên thế giới // Thong tin XDCB & KH CNXD. 2001. №5.

Vasileva O.V., Nguyen Van Hiep

PROMISING DIRECTIONS OF INNOVATIVE RENOVATION OF A BUILDING COMPLEX AND ECONOMY OF VIETNAM

Construction, and to study the need for innovation in the republic of Vietnam, in order to ensure the country's competitiveness in the global market, are the problem of building the innovative activity in the construction industry. assesses the modern innovation of a country. the relevance of scientific theoretical assumptions about the system innovation of investment and construction cycle. the proposed and founded materials has led to the content of the main areas of innovation and improve the processes and mechanisms of investment construction cycle. this forms the basis for the development of methodological and theoretical framework of management innovation in the construction of the complex.

Key words: innovation; innovation technology; innovation management; investment and construction cycle, innovation process, building complex, scientific and technological base, competitiveness, innovation-active enterprise

Васильева Ольга Викторовна, кандидат экономических наук, доцент.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ).

Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

E-mail: ol-vasiljevasp@ya.ru

Нгуен Ван Хиеп, аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ).

Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

E-mail: nguyenvanhiep@live.com

*Даниленко Е.П., доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Коробейник В.А., магистрант
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕРРИТОРИЕЙ Г. ШЕБЕКИНО

danilenko_ep@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос эффективности муниципального управления территорией г. Шебекино. Изучена структура и механизм работы муниципальных органов управления территорией города. Проанализирован бюджет городского поселения «Город Шебекино». Предложена методика оценки эффективности работы органов местного самоуправления при управлении территорией муниципального образования. Проведена оценка работы муниципалитета г. Шебекино при управлении территорией по предложенной методике.

Ключевые слова: городская территория, земельные ресурсы, благоустройство, органы местного самоуправления, управленческие решения, эффективность управления.

Введение. Городская территория – это совокупность множества природных, архитектурно-планировочных, экологических, социальных и других факторов, в которых обитает городской житель и которые определяют комфортность его проживания на данной территории. Органы местного самоуправления обязаны обеспечить управление и распоряжение городской территорией на принципах эффективности, справедливости, публичности и открытости, создать условия для достойного и комфортного проживания граждан, а также для эффективного функционирования и использования всей совокупности объектов, расположенных на территории города. В связи с этим, оценка эффективности работы органов местного самоуправления, позволяет рассмотреть уровень соответствия результатов деятельности поставленным целям и задачам.

Основная часть. Значительную часть территории в границах г. Шебекино занимают территории, не свойственные городским функциям – территории с/х использования и территории естественного ландшафта, что свидетельствует о достаточных территориальных резервах для развития города [8].

Организационной основой города являются система и структура органов местного самоуправления, формы и принципы их деятельности. Основным документом, регулирующим деятельность органов местного самоуправления г. Шебекино является Устав городского поселения.

Структуру органов местного самоуправления городского поселения составляют: городское собрание, исполняющий полномочия председателя городского собрания, администрация городского поселения, возглавляемая главой

администрации и контрольно-ревизионная комиссия [7].

Все работы при управлении территорией города финансируются из городского бюджета. Проект бюджета г. Шебекино, в котором указываются его основные характеристики, утверждается решением городского собрания. Исполнение бюджета осуществляется отдельно по статьям доходов и расходов [1].

Как показывает анализ бюджета г. Шебекино за три последних года, с каждым годом происходит рост доходов и расходов. Городской бюджет за 2015 г. исполнен по доходам на 101,9 % от плановых значений (табл. 1).

В общем объеме доходов наибольший удельный вес занимают налоговые поступления, а именно земельный налог, который составляет 43 % от всех доходов города.

Ставки налога на земельные участки полностью соответствуют требованиям Налогового Кодекса РФ, нет необоснованных завышенных показателей ни по одному виду использования [2].

Кроме федеральных льготников, на территории города льгота действует и для других категорий лиц: многодетные семьи; физические лица, имеющие садовые участки, расположенные на склоновых землях крутизной от 50 градусов и больше, в карьерах; садоводческие товарищества: «Виктория», «Виктория-2», «Химик-1», «Химик-3», «Каштан», «Садовод», «Вишенка», «Автомобилист», «Надежда-1», «Белогорье-1», «Белогорье-2», «Дубравушка», «Золотой ранет», «Дорожник», «Труженик»; а также одинокие матери и семьи с детьми-инвалидами [6].

Одной из задач управления территориями является повышение количества поступлений земельных и имущественных платежей в бюд-

жет муниципального образования [9]. Перечисленные категории лиц и организаций полностью освобождены от уплаты земельного налога, что приводит к уменьшению суммы налоговых платежей в городской бюджет.

Исполнение бюджета по всем статьям расходов за 2015 год составило 97% плана. Все принятые на 2015 год расходные обязательства были выполнены в полном объеме и представлены в таблице 2.

Таблица 1

Исполнение муниципального бюджета г. Шебекино по доходам за 2015 год

№ п/п	Наименования показателя доходов	Утверждено на 2015 г., тыс. руб.	Исполнено на 1.01.2016 г., тыс. руб.
1	Налог на доходы физических лиц	44 703	45 992
2	Доходы от уплаты акцизов	4 450	4 788
3	Единый сельхозналог	32	24
4	Налог на имущество физических лиц	10 778	11 542
5	Земельный налог	68 279	67 849
6	Доходы, получаемые в виде арендной платы за земельные участки	12 916	10 212
7	Доходы от сдачи в аренду имущества	365	432
8	Доходы от продажи земельных участков	7 562	10 877
9	Доходы от предпринимательской и иной приносящей доход деятельности	24	10
10	Штрафы	-	48
11	Возврат дебиторской задолженности	-	15
12	Прочие неналоговые доходы	-	3
13	Прочие безвозмездные поступления	4 199	4 417
14	Доходы от возмещения ущерба	-	64
15	Межбюджетные трансферты	15	15
	Всего ДОХОДОВ	153 323	156 288

Таблица 2

Исполнение бюджета г. Шебекино по расходам за 2015 год

№ п/п	Наименования показателя расходов	Утверждено на 2015 г., тыс. руб.	Исполнено на 1.01.2016 г., тыс. руб.
1	Общегосударственные вопросы	27 028	25 375
2	Национальная безопасность	224	224
3	Дорожное хозяйство	47 643	47 643
4	ЖКХ	16 488	13 931
5	Образование	845	845
6	Культура	50 057	49 822
7	Социальная политика	300	230
8	Физкультура и спорт	21 161	21 161
	ВСЕГО РАСХОДОВ	163 746	159 231

Цель государства – сделать управление территорией муниципального образования прозрачным и открытым. Для достижения этой цели в Российской Федерации ведется работа по внедрению системы оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления.

В соответствии со статьей 18.1 Федерального закона от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ «Об общих

принципах организации местного самоуправления РФ», оценка деятельности органов местного самоуправления должна проводиться по утвержденным показателям и в установленной форме, порядок утверждения перечня показателей определяется Президентом РФ [3]. Системы показателей федеральной и региональной методик оценки деятельности органов местного само-

управления оценивают работу органов местного самоуправления в сферах образования, здравоохранения, дорожного хозяйства, жилищно-коммунального хозяйства и других сферах [4, 5].

Для анализа нами выбраны показатели оценки в тех сферах деятельности, которые характеризуют эффективность управления территорией города, кроме того, нами добавлены собственные показатели оценки эффективности. Для оценки эффективности работы органов местного самоуправления по управлению территорией г. Шебекино, нами были выделены следующие сферы управления:

- дорожное хозяйство и транспортное обслуживание;
- земельно-имущественные отношения;
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- жилищное строительство;
- благоустройство территории и озеленение.

Приведём результаты анализа в разрезе каждой сферы управления.

1. Качество жизни людей в городах – это и качество транспортного обслуживания, и его доступность для всех горожан. Поэтому проанализировано состояние и развитие городской транспортной системы, которая является частью многоотраслевого городского хозяйства. Ежегодно муниципальным бюджетом г. Шебекино предусматривается финансирование работ в сфере дорожного хозяйства. Несмотря на достаточное количество выделяемых денежных средств и исполнение бюджета по статье расходов «Дорожное хозяйство» в городе все же остаются дороги, которые находятся в аварийном состоянии и требуют ремонта.

Нормативным требованием к автодорогам является ежегодное обеспечение твердым покрытием 100% доли автодорог общего пользования местного значения. Фактический результат был рассчитан по формуле:

$$Д = \frac{Д_n}{Д_{общ}} * 100\%, \quad (1)$$

где $Д_n$ – протяженность дорог, отвечающих нормативным требованиям, км; $Д_{общ}$ – общая протяженность основных улиц и дорог местного значения, км.

Процент протяженности дорог, отвечающих нормативным требованиям, составил 99,78.

Нами была составлена карта зонирования территории г. Шебекино по транспортной доступности. В качестве исходной информации использовались схемы движения основных видов транспорта и интервалы движения (рис. 1).

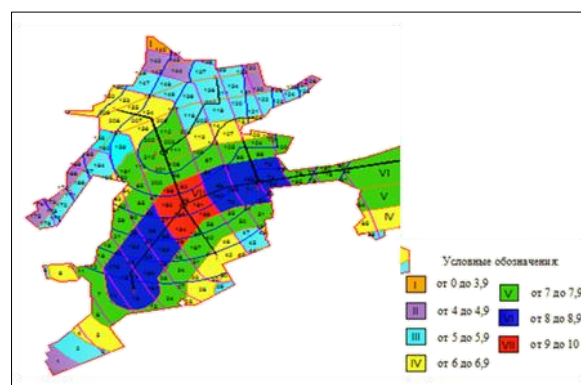


Рис. 1. Карта зонирования территории г. Шебекино по уровню транспортной доступности

Из проведенного расчета следует, что вся территория города имеет хорошо развитую транспортную сеть. Наибольшая интенсивность движения наблюдается в центре города, но и удаленные от центра микрорайоны обеспечены общественным транспортом.

2. В сфере оценки управления земельными ресурсами нами был выбран показатель из федеральной методики по налогообложению земельных участков [4]. Нами проанализированы значения доли земельных участков, являющихся объектами налогообложения на территории г. Шебекино (табл. 3).

Таблица 3

Налогооблагаемые земельные участки на территории г. Шебекино

№ пп	Наименование показателя	Ед. измерения	2013 (факт)	2014 (факт)	2015 (факт)	2016 (план)	2017 (план)
1	Доля земельных участков, являющихся объектами налогообложения земельным налогом	%	82,08	82,36	83,08	83,45	83,5
2	Количество земельных участков, являющихся объектами налогообложения (право собственности на которые зарегистрировано)	Ед.	12485	12650	12770	12834	12850
3	Общее количество земельных участков на территории городского поселения	Ед.	15210	15360	15370	15380	15390

Также проведён расчет экономической эффективности системы управления земельно-имущественным комплексом муниципального образования – отношением фактически поступивших земельных платежей к запланирован-

ным (табл. 4). Согласно данному показателю, управление земельными ресурсами муниципального образования г. Шебекино эффективно (значение эффективности больше 100 %).

Таблица 4

Земельные платежи, поступившие в бюджет г. Шебекино за 2015 год

№ пп	Наименование показателя доходов	Запланировано, тыс. руб.	Поступило, тыс. руб.
1	Земельный налог	68 279	67 849
2	Доходы, получаемые в виде арендной платы за земельные участки	12 916	10 212
3	Доходы от продажи земельных участков	7 562	10 877
	Итого	88 757	88 938

3. Работа жилищно-коммунального хозяйства г. Шебекино стабильна. В городе работают управляющие компании: ООО «Коммунальщик», ООО «Шебекино-дом», ООО «Жилком-Сервис», ООО «Жилищник», осуществляющие свою деятельность по микрорайонам города [11]. Анализируя статьи расходов городского бюджета за последние 3 года можно сделать вывод, что расходы муниципалитета на жилищно-коммунальное хозяйство не достигают утвержденных плановых значений, что свидетельствует о неполном выполнении запланированных работ и мероприятий (рис. 2).

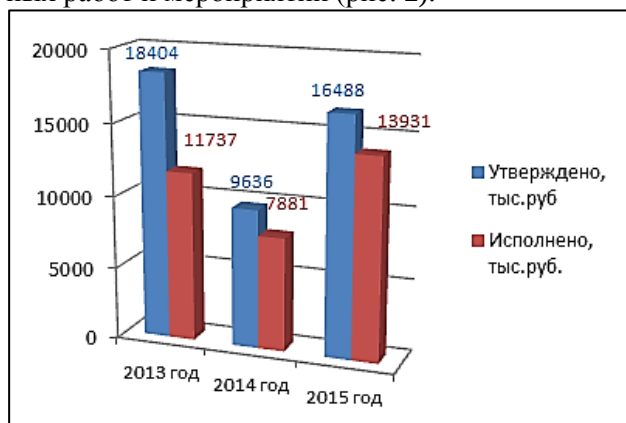


Рис. 2. Исполнение бюджета г. Шебекино по статье расходов «ЖКХ»

4. В области жилищного строительства показатель оценки установлен федеральной методикой. Наблюдаем, что общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя с каждым годом возрастает. Это связано с реализацией долгосрочной целевой программы «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами жителей Белгородской области на 2014–2020 годы», а также

развитием ипотечного кредитования в Белгородской области.

Средний показатель общей площади жилых помещений, приходящихся в среднем на одного жителя по Российской Федерации на 2015 год составляет 23,4 м²/чел., в г. Шебекино – 25,8 м²/чел [11].

5. В г. Шебекино активно ведутся работы по благоустройству и озеленению территории. За 2015 г. на территории города было выполнено множество мероприятий, которые представлены в таблице 5. Все возложенные обязательства, согласно муниципальному заданию ШМБУ «Благоустройство города» на 2015 год, выполнены в полном объеме.

Население города может оценить работу местного самоуправления на портале «Оценка населением эффективности деятельности руководителей органов местного самоуправления муниципальных образований области, предприятий и учреждений, осуществляющих оказание услуг населению муниципальных образований области», который создан в рамках реализации Указа Президента РФ (рис. 3) [10].

Обращения граждан – один из источников информации о социально-экономическом развитии города, комфортности проживания на его территории различных групп населения. Ежедневно в администрацию г. Шебекино поступают обращения граждан по различным вопросам (рис. 4) [11].

Расчёт итоговой эффективности деятельности органов местного самоуправления при управлении территорией г. Шебекино, приведён в таблице 6.

Таблица 5

Мероприятия по благоустройству и озеленению территории г. Шебекино за 2015 год

№ пп	Мероприятия	Ед. измерения	Запланировано	Факт. выполнение	Выполнение, %
1	Волейбольная площадка	шт.	1	1	100
2	Хоккейная коробка	шт.	1	1	100
3	Гимнастический городок	шт.	1	1	100
4	Детская площадка	шт.	10	12	120
5	Устройство цветников	кв. м.	126	136	108
6	Устройство озеленения	шт. цветов	3300	3300	100
7	Восстановление газонов	кв. м	3000	2800	93
8	Посадка деревьев (саженцы)	шт	400	400	100
9	Уходные работы за деревьями	шт	8522	8522	100
10	Уходные работы за кустарниками	шт	22051	22051	100
11	Валка деревьев	шт	100	92	92
12	Кронирование деревьев	шт	2040	2040	100
13	Обрезка деревьев	шт	1547	1688	109
Итого, % выполняемости работ					101,7

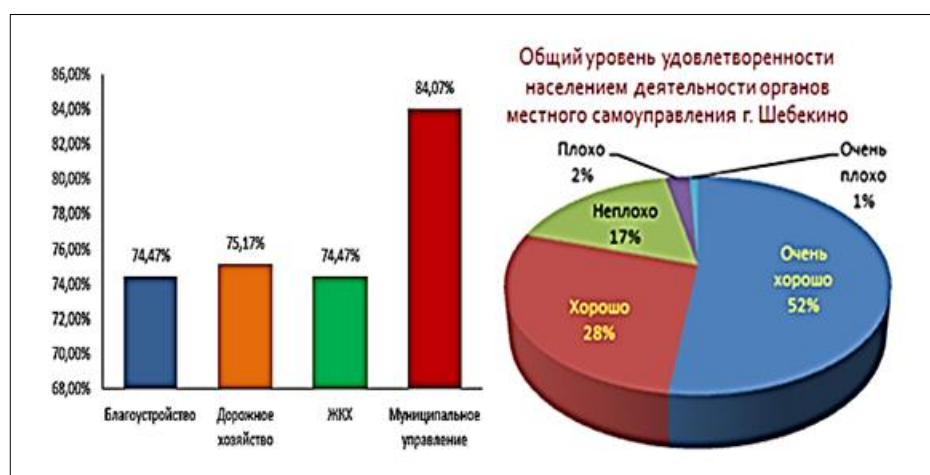


Рис. 3. Оценка населением деятельности ОМСУ в сфере управления территорией г. Шебекино

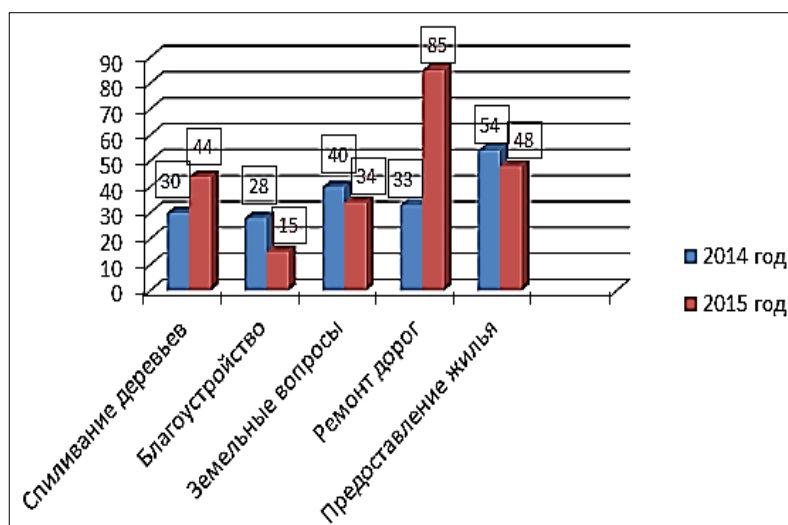


Рис. 4. Актуальные вопросы в обращениях граждан в администрацию г. Шебекино

Таблица 6

**Итоговая оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления
г. Шебекино в сфере управления территорией города**

№ пп	Сфера деятельности	Наличие показателя в федеральной и региональной методиках оценки	Показатель оценки, %	Оценка населением, %	Итоговый показатель оценки, %
1	Дорожное хозяйство		94,24	75,17	70,84
1.1	состояние автомобильных дорог	+(*)	99,78		
1.2	транспортное обслуживание	-	88,7		
2	Управление земельными ресурсами		91,64	-	91,64
2.1	ЗУ, являющиеся объектами налогообложения	+	83,08		
2.2	поступающие земельные платежи	-	100,2		
3	Жилищно-коммунальное хозяйство		97,3	74,47	72,46
3.1	обеспечение населения услугами ЖКХ	+(*)	94,6		
3.2	строительство, реконструкция и капитальный ремонт объектов	-	100		
4	Жилищное строительство		110,3	-	110,3
4.1	обеспеченность жильем	+	110,3		
5	Благоустройство и озеленение		101,7	74,47	75,74
5.1	выполнение работ по благоустройству и озеленению	-	101,7		
Итого:					84,2

* значения показателей отсутствуют и были рассчитаны самостоятельно

Выводы. Деятельность органов местного самоуправления г. Шебекино можно оценить как достаточно эффективную (84,2%), однако в деятельности муниципалитета имеются проблемы, требующие оперативных управленческих решений. Необходимо прогнозирование изменений в сферах дорожного и жилищно-коммунального хозяйства на основе полученной информации о прошлом и настоящем с учётом всех условий и факторов влияния, а также разработка и обновление нормативно-правовых актов – правил землепользования и застройки.

Рассчитанная фактическая эффективность работы органов местного самоуправления в сфере управления территорией города по предложенной методике близка к показателю портала «Оценка населением эффективности деятельности руководителей органов местного самоуправления муниципальных образований области, предприятий и учреждений, осуществляющих оказание услуг населению муниципальных образований области» (81,94%).

Полученные в ходе исследования результаты и данные могут быть приняты во внимание органами местного самоуправления г. Шебекино в целях повышения эффективности процесса управления городской территорией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 г., № 145-ФЗ (ред. от 23.05.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.06.2016) [Электронный ресурс] // URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 29.09.2016)
2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая): ФЗ от 05.08.2000 №117-ФЗ [Электронный ресурс] // URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 29.09.2016)
3. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: ФЗ от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от

15.02.2016) [Электронный ресурс] // URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 29.09.2016)

4. Указ Президента РФ от 28.04.2008 № 607 (ред. от 14.10.2012) «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 29.09.2016)

5. Постановление Губернатора Белгородской области от 4.09.2015 г. № 87 «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 29.09.2016)

6. Решение Городского собрания города Шебекино Белгородской области от 27 октября 2011 г. № 2 «Об установлении земельного налога с 2012 года» [Электронный ресурс] // URL: <http://gorod.shebekino.ru> (дата обращения: 29.09.2016)

7. Устав городского поселения «Город Шебекино» муниципального района «Шебекинский

район и город Шебекино» Белгородской области [Электронный ресурс] // URL: <http://gorod.shebekino.ru> (дата обращения: 29.09.2016)

8. Перькова М.В., Заикина А.С. Особенности формирования общественных пространств в г. Шебекино // Евразийский Союз Ученых. 2015. №11-1(20). С. 11-15.

9. Трунова И.В., Даниленко Е.П. Оптимизация использования территории города Шебекино Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №1. С. 54–61.

10. Портал «Оценка населением эффективности деятельности руководителей органов местного самоуправления муниципальных образований области, предприятий и учреждений, осуществляющих оказание услуг населению муниципальных образований области – Белгородская область» [Электронный ресурс] // URL: <http://ocenka.belregion.ru/> (дата обращения: 29.09.2016)

11. Официальный сайт Администрации города Шебекино. – [Электронный ресурс] // URL: <http://gorod.shebekino.ru> (дата обращения: 29.09.2016)

Danilenko E.P., Korobeinik V.A.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF LOCAL AUTHORITIES IN THE MANAGEMENT OF THE TERRITORY OF THE CITY OF SHEBEKINO

In the article the question of efficiency of municipal management area of the city Shebekino. Studied the structure and mechanism of work of the municipal organs of administration of the territory g. Shebekino. Analyzed the budget of city settlement the City Shebekino. The proposed method of assessing the effectiveness of local authorities in the governance of the territory of the municipality. Assess the work of the municipality of the city of Shebekino in the management of the area by the proposed method.

Key words: urban area, land resources, landscaping, local authorities, management decisions, management efficiency.

Даниленко Елена Петровна, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: danilenko_ep@mail.ru

Коробейник Виктория Александровна, магистрант кафедры природопользования и земельного кадастра.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: vikul-2012@mail.ru

DOI: 10.12737/22078

Третьякова Л.А., д-р экон. наук, проф.,
Целютина Т.В., канд. соц. наук, доцент,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Авилова Ж.Н., канд. соц. наук, доцент,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА УЧАСТИЯ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В РАЗВИТИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА РЕГИОНА*

janna-avilova@mail.ru

На основе проведенного исследования авторами предлагается методика оценки влияния некоммерческих организаций (НКО) на эффективность управления экономическим пространством региона. Доказана взаимосвязь и взаимообусловленность закономерности процесса развития НКО и реализации устойчивого экономического регионального развития, где индикатором эффективности являются - показатели оценки влияния НКО на многовекторность управления экономическим пространством региона и качество жизни населения. Разработан методический инструментарий исследования оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона. Авторы доказывают целесообразность использования методики, логика разработки которой обосновывается уточнением социально-экономического содержания участия НКО в эффективном управлении через понятие акторного трехстороннего взаимодействия как системы отношений между субъектами (государством, бизнесом и НКО), реализация которых способна приносить каждому из субъектов выгоды экономического характера. Представлена последовательность разработки методики оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона. В авторской методике используется детерминированная мультипликативная факторная модель, основанная на расчете средней геометрической. Оценка участия некоммерческих организаций в развитии экономического пространства региона, прежде всего, основана на определении эффектов от участия НКО в управлении экономическим пространством и их влияния на развитие территорий.

Ключевые слова: некоммерческие организации, экономическое развитие региона, методика оценки, динамические показатели оценки, интегральные показатели оценки, экономические индексы, экономическая эффективность.

Введение. Изучение особенностей и условий влияния деятельности некоммерческих организаций (НКО) на результаты экономического развития региона приобретают значимую роль при разработке программных мероприятий устойчивого регионального развития на долгосрочную перспективу [1; 2]. В современных условиях развития региональной экономики, когда влияние факторов часто носит агрессивно-негативный характер, что сопровождается стагнацией производства, уменьшением доходов и сокращением занятости большей части населения, сокращением доходной части бюджетов всех уровней оценка участия некоммерческих организаций в эффективном управлении экономическим пространством региона приобретает все большее практическое значение [3]. Новая содержательная нагрузка на НКО в рамках повышенного внимания к их деятельности со стороны органов государственной власти, частично обоснованная геополитической турбулентностью, вызывает необходимость теоретико-методологического обоснования инструментария оценки влияния НКО на эффективность

управления экономическим пространством региона [4].

Методика. Общеметодологическим основанием для исследования явились структурно-функциональный, диалектический, синхронно-сравнительный, системный анализ с моделированием экономических процессов, монографический, индексный, группировок и расчетно-конструктивный методы. Из специальных методологических подходов использовались социологический и синергетический, системный подход в его субъектно-объектном и функционально-структурном аспектах многовекторного участия НКО в управлении экономическим пространством региона и деятельностный подходы. При изучении и обобщении родственных и похожих явлений применялись методы анализа. Для моделирования индикативной оценки участия НКО в эффективном управлении экономическим пространством используется метод функционального моделирования. Применение методологии, характеризуется использованием структурного и процессного подходов как научных методов познания процесса формирования,

реализации и организации участия НКО в управлении экономическим пространством региона. Информационной базой исследования стали статистические данные в сфере НКО, отечественная и зарубежная правовая, нормативно-методическая и экономическая литература в сфере управления НКО, юридические базы данных, законодательные акты России в области НКО, отечественные и зарубежные информационные ресурсы Интернет и др.

Основная часть. Критический анализ литературных источников по исследуемой проблеме [5; 6; 7] позволил сделать вывод о том, что инструментарий, предназначенный для оценки участия НКО в эффективном управлении экономическим пространством региона, представлен ограниченным количеством методик и методических подходов. В подавляющем большинстве методик их авторы исходят из закономерной взаимосвязи проявления гражданской инициативы через развитие институтов гражданского общества, оцениваемое деятельностью и государственной поддержкой социально ориентированных некоммерческих организаций и основных показателей социально-экономического развития территорий.

Не отвергая указанной взаимосвязи, в развитие методического инструментария исследования оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона целесообразно использовать методику, логика разработки которой обосновывается уточнением социально-экономического содержания участия НКО в эффективном управлении через понятие акторного трехстороннего взаимодействия как системы отношений между субъектами (государством, бизнесом и НКО), реализация которых способна приносить каждому из субъектов конкретные результаты и выгоды экономического, социального и политического характера.

Развитие регионального экономического пространства детерминирует изменение степени и качества взаимодействия некоммерческих организаций с бизнес-сообществом и органами государственной власти, происходящее вследствие проявления как чисто «рыночных» факторов (в данном случае они предстают как объективная реальность), так и вследствие изменений региональных условий развития производственных сил и отношений, формирующихся во всей совокупности отраслевых сегментов. Оценка участия некоммерческих организаций в развитии экономического пространства региона основана на определении эффектов от участия НКО в управлении экономическим пространством и их влияния на развитие территорий (способ-

ность увеличивать создаваемый валовой внутренний продукт; обеспечивать динамичное повышение качества жизни населения, стимулировать трудовую миграцию населения; расширять социально-экономическое пространство).

Последовательность разработки и апробации методики оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона описывается следующей схемой (рис. 1).

Исследовательская гипотеза разработки методики оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона заключается в исследовании региональной бизнес-среды, изменение которой, в том числе, сопряжено с разной степенью интенсивности влияния некоммерческих организаций на региональное бизнес-сообщество. Механизмом влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона выступает соотношение совместно реализованных бизнес-проектов с участием НКО к общему числу предпринимательских инициатив, оцененных в увеличении создаваемого валовой регионального продукта.

Отсюда задача разработки методики состоит в создании инструмента оценки сбалансированности участия НКО в управлении развитием экономического пространства региона, отражающую его характер и направленность влияния. Целевым назначением предлагаемой методики мы определяем ее прикладное использование в аналитической практике исследования эффективности управления экономическим пространством региона, что потребует апробации методики на примере совокупности регионов с относительно равными условиями объема государственной финансовой поддержки НКО, объема средств, представленных СОНКО в рамках Федерального закона от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и наличия в регионе некоммерческих организаций – «ресурсных центров», оказывающих образовательные и консультационные услуги, методическую поддержку СОНКО.

Субъектами использования методики, на наш взгляд, могут выступать как региональные структуры исполнительной власти, так и структуры государственного управления федеральным округом, функционалом которых является регулирование отбора стратегических приоритетов и направлений по развитию институционального обеспечения реализации государственной политики в сфере регулирования деятельности НКО [8; 9].

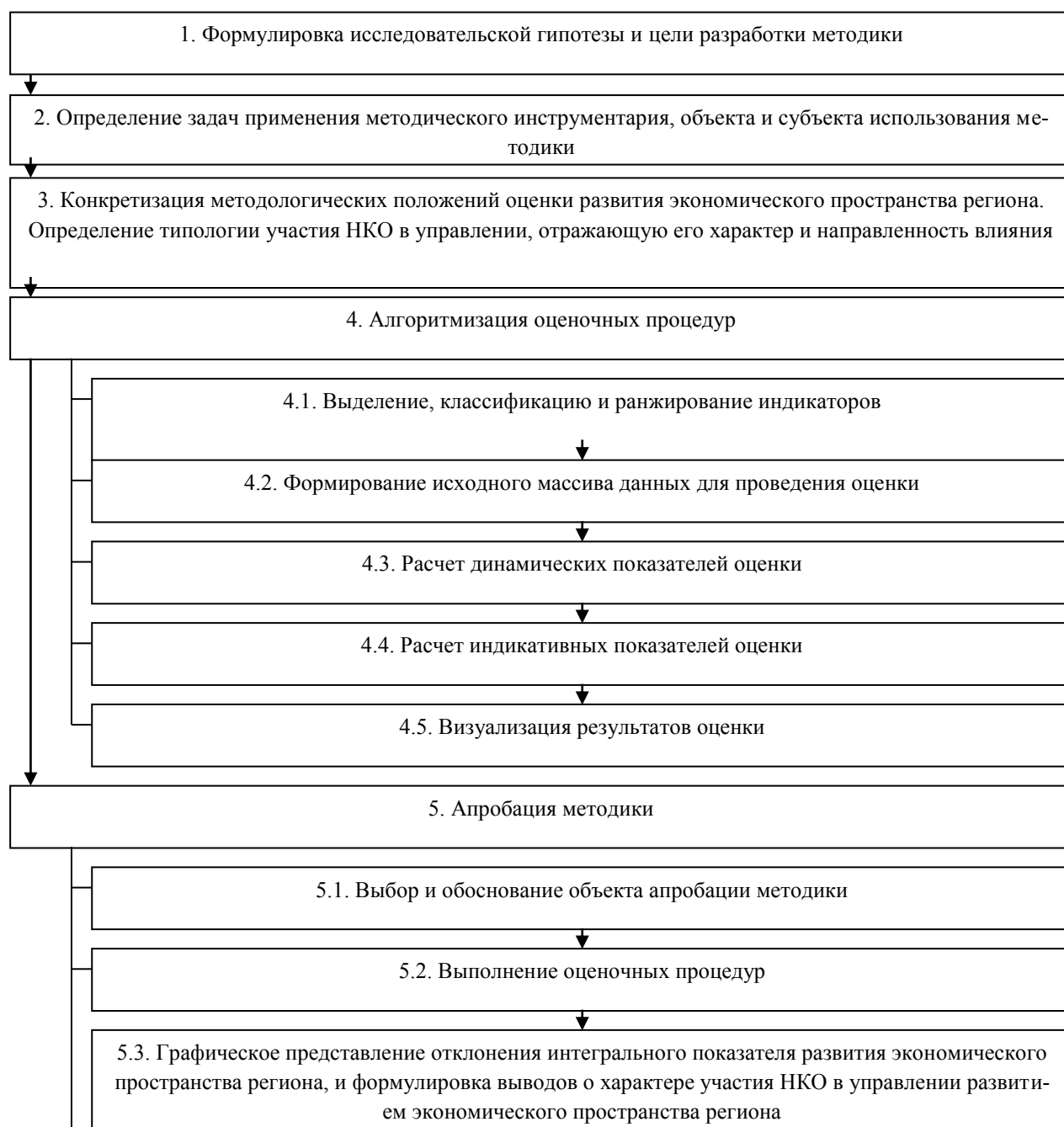


Рис. 1. Последовательность разработки и апробации методики оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона

Базовым методологическим принципом для разработки методики оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона определен принцип детерминизма, суть которого сводится к постановке, решению экономических задач, при котором их условия формулируются с полной определенностью, без учета факторов неопределенности.

Соблюдение требования определенности условий, согласно выше приведенной постановке исследовательской задачи, обеспечивается объективной экономической закономерностью, заключающейся в зависимости региональной бизнес-среды от интенсивности влияния НКО на региональное бизнес-сообщество. Развитие ре-

гиональной бизнес-среды в данном случае предстает как детерминанта – фактор, способный оказывать влияние на экономические процессы, отношения [10]; конкретный фактор, который порождает явление, обуславливает его [11].

Результаты оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона должны отвечать критерию достоверности, а, следовательно, в методике необходимо использовать количественно измеримые показатели, позволяющие избежать проявления фактора субъективизма.

Из-за существования значительных региональных различий в типологии участия НКО в управлении, отражающую его характер и

направленность влияния некоммерческих организаций на региональное экономическое пространство, сравнение абсолютных его измерителей априори будет непоказательным, что оправдывает выбор показателей в их относительном выражении. В нашем случае предпочтительной является индексная форма представления темпов динамики развития региональной бизнес-среды, оцененных в увеличении создаваемого валового регионального продукта, что вытекает из требования упрощения расчетных процедур, имеющего важное значение для аналитической практики.

$$\text{ЭПРГ} = \sqrt[n]{\text{ЭПРХ}_i} = \sqrt[n]{X_{i1} * X_{i2} \dots * X_{in}} \quad (1)$$

где: X_{i1} , X_{i2} , X_{in} – частные показатели оценки в группе, по направлениям оценки развития региональной бизнес-среды; n – количество показателей в группе.

Уточнение методологических положений оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона требует алгоритмизации оценочных процедур. В состав этих процедур, как было показано на рисунке 1, авторы, прежде всего, включают: 1) выбор и обоснование показателей оценки; 2) формирование исходного массива данных для проведения оценки; 3) расчет динамических показателей оценки; 4) расчет интегральных показателей оценки; 5) визуализацию результатов оценки.

Поскольку информационным источником для формирования исходных показателей определена официальная статистическая отчетность Росстата, авторы считают правомерным использование комплекса содержащихся в ней основных показателей состояния влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством (табл. 1).

Показатели, приведенные в таблице, имеют разные единицы измерения, но это, на наш взгляд, не является препятствием для их использования при построении интегральных показателей. В оценке влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона мы предлагаем использовать индексную форму, нивелирующую влияние фактора «разноизмеримости» показателей.

Прикладной характер предлагаемой методики, как и любой другой методики, требует ее проверки на предмет возможности использования в практике аналитических исследований.

Выводы.

Предложенные направления, методика, типология участия НКО в управлении и соответствующий инструментарий определения эффектов от участия НКО в управлении экономиче-

Приведение показателей методики к единой образной форме выражения позволит обеспечить правильный выбор детерминированной модели для расчета интегральных показателей динамики влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона: аддитивной, кратной, мультипликативной, адекватно отражающих функциональные зависимости между исходными показателями.

В нашей авторской методике целесообразно использовать детерминированную мультипликативную факторную модель, основанную на расчете средней геометрической:

ским пространством позволят в режиме транспарентности получать заинтересованными субъектами (государством, бизнесом и др.) объективные независимые оценки, создавать аналитические отчеты, которые будут способствовать разработке стратегических направлений по обеспечению динамичного повышения качества жизни населения, совершенствованию взаимодействия между органами власти и НКО, бизнесом и НКО, расширению социально-экономического пространства региона [13, 14, 15].

Предложенный методический инструментарий комплексной оценки участия НКО в эффективном управлении экономическим сегментом позволит учитывать социально-экономический и политический характер влияния и объективно применять алгоритм оценки территорий по уровню и характеру участия НКО в управлении экономическим пространством региона.

Предложенный аппарат моделирования индикативной оценки участия НКО в эффективном управлении экономическим пространством позволит учитывать и устанавливать зависимость динамичной устойчивости развития экономического пространства от плотности и степени агрессивности вмешательства НКО.

Предложенный алгоритм отбора стратегических приоритетов и рекомендации по развитию институционального обеспечения реализации государственной политики в сфере регулирования деятельности НКО позволят на безкоррупционной платформе выстроить алгоритм взаимосвязанных этапов:

1 этап – взаимосогласованность стратегических целей и задач развития НКО;

2 этап – учет экономических эффектов от участия НКО в управлении экономическим пространством региона;

3 этап – формирование экономических механизмов качественного вовлечения НКО в развитие экономического пространства региона;

4 этап – согласование государственных, региональных и общественных интересов по развитию экономического пространства при реали-

зации социально-экономической стратегии развития Белгородской области.

Таблица 1

Показатели оценки влияния НКО на эффективность управления экономическим пространством региона

Направление оценки	Показатели оценки
Субсидии, предоставленные СОНКО (социально ориентированные некоммерческие организации)	Субсидии, предоставленные СОНКО, в том числе: субсидии СОНКО, предоставленные на конкурсной основе
	Объем средств, представленный СОНКО в рамках Федерального закона от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (далее – закон № 44-ФЗ)
	Объем средств, представленный СОНКО в рамках Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 442-ФЗ «Об основах социального обслуживания граждан в Российской Федерации» (далее – закон № 442-ФЗ)
Предоставление СОНКО налоговых льгот, в соответствии с решениями органов государственной власти субъектов Российской Федерации	Размер предоставляемой льготы по налогу на прибыль организаций социально ориентированным некоммерческим организациям (в процентных пунктах от максимальной ставки)
	Количество социально ориентированных некоммерческих организаций, применяющих льготу по налогу на прибыль организаций
	Объем выпадающих доходов бюджета субъекта Российской Федерации при предоставлении льготы по налогу на прибыль организаций социально ориентированным некоммерческим организациям
	Размер предоставляемой льготы по налогу на прибыль организаций юридическим лицам, осуществляющим пожертвования СОНКО (в процентных пунктах от максимальной ставки)
	Количество юридических лиц, осуществляющих пожертвования СОНКО, применяющих льготу по налогу на прибыль организаций
	Объем выпадающих доходов бюджета субъекта Российской Федерации при предоставлении льготы по налогу на прибыль организаций юридическим лицам, осуществляющим пожертвования СОНКО
	Размер предоставляемой льготы по налогу на имущество организаций юридическим лицам, осуществляющим пожертвования социально ориентированным некоммерческим организациям (в процентных пунктах от максимальной ставки)
	Количество юридических лиц, осуществляющих пожертвования социально ориентированным некоммерческим организациям, применяющих льготу по налогу на имущество организаций
	Объем выпадающих доходов бюджета субъекта Российской Федерации при предоставлении льготы по налогу на имущество организаций юридическим лицам, осуществляющим пожертвования социально ориентированным некоммерческим организациям
	Размер предоставляемой льготы по транспортному налогу социально ориентированным некоммерческим организациям (в процентных пунктах от максимальной ставки)
	Количество социально ориентированных некоммерческих организаций, применяющих льготу по транспортному налогу
	Объем выпадающих доходов бюджета субъекта Российской Федерации при предоставлении льготы по транспортному налогу
	Размер предоставляемой льготы по налогу на имущество организаций юридическим лицам, осуществляющим пожертвования социально ориентированным некоммерческим организациям (в процентных пунктах от максимальной ставки)
	Количество юридических лиц, осуществляющих пожертвования социально ориентированным некоммерческим организациям, применяющих льготу по налогу на имущество организаций
СОНКО-поставщики социальных услуг	Количество заявок СОНКО на включение в реестр поставщиков социальных услуг [12]
	Количество СОНКО в реестре поставщиков социальных услуг
	Число СОНКО из реестра поставщиков социальных услуг, получивших государственный заказ в рамках закона № 442-ФЗ

**Работа выполнена в рамках Гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области, поддержанных для финансирования из областного бюджета в 2016-2017 годах «Оценка участия некоммерческих организаций в эффективном управлении экономическим пространством региона» (проект № 16.6.9).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Roche J.C., Tirole J. Platform competition in two-sided markets // Journal of European Economic Association. 2003. № 1 (4). P. 990–1029.
2. Развитие финансово-экономической устойчивости российских НКО. Аналитическая записка. // Агентство социальной информации. Москва. 2013. С 51.
3. Третьякова Л.А., Целютина Т.В., Астахов Ю.В., Гусева Т.С., Куликова О.В., Подвижайло А.А., Семченко И.В., Тюриков А.Г., Тюриков Р.А. Трансформация социально-экономических подсистем гражданского общества как инструмент устойчивого регионального развития; под общей редакцией Л.А. Третьяковой и Т.В. Целютиной. Ульяновск, 2016. 242 с.
4. Социальное партнерство и развитие институтов гражданского общества в регионах и муниципалитетах. Практика межсекторного взаимодействия: практическое пособие / под ред. А.Е. Шадрина, заместителя директора Департамента стратегического управления и бюджетирования Министерства экономического развития РФ. М.: Агентство социальной информации, 2010. С. 508.
5. McGlenahan J.S. 15 survival strategies for new millenium // Industry Week, 2009, v. 241, № 17. Pp. 22–32.
6. Перспективы НКО в качестве поставщиков общественной пользы. Сводный аналитический отчет// Исследовательская группа ЦИР-КОН. Москва, 2013. С.88.
7. Итоговый отчет о выполнении работ по мониторингу реализации мероприятий по поддержке социально ориентированных некоммерческих организаций в субъектах Российской Федерации // Центр гражданского анализа и независимых исследований (ГРАНИ). Пермь, 2015. С. 509.
8. Третьякова Л.А., Целютина Т.В. Зависимость устойчивости регионального развития от транспарентности функционального представительства институтов гражданского общества // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 48 (333). С. 2–16.
9. Мерсиянова И.В., Якобсон Л.И. Негосударственные НКО: институциональная среда и эффективность деятельности. М.: Изд. дом ГУ-ВШЭ, 2007. С. 200.
10. Дорошенко Ю.А. Теоретические и методические основы формирования системы регионального управления с использованием показателей оценки экономического потенциала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2005. №2. С. 127–131.
11. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А. Экономический анализ: теория и практика. 2006. №11. С. 16.
12. Авилова Ж.Н. Система кадрового обеспечения инновационного развития экономики региона. Всероссийский журнал научных публикаций. 2011. С. 49.
13. Третьякова Л.А., Целютина Т.В., Подвижайло А.А., Сапрыка В.А. Институты гражданского общества как инструмент устойчивого регионального развития // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 32 (407). С. 18–31.
14. Подвижайло А.А., Целютина Т.В. Проблема формирования гражданского общества в российской федерации в контексте мировых тенденций развития общественных институтов // Научный взгляд в будущее. 2016. Т. 5. № 1 (1). С. 4–11.
15. Гузаиров В.Ш. Социология и психология управления: учебное пособие для студентов всех специальностей / В. Ш. Гузаиров, И. В. Савенкова; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород, 2009.

Tretyakova L.A., Tselyutina T.V., Avilova Z.N.

DETERMINATION OF THE NATURE OF PARTICIPATION

OF NON-PROFIT ORGANIZATIONS IN THE DEVELOPMENT OF ECONOMIC AREA REGION

On the basis of the study authors propose methods of assessing the impact of non-profit organizations in the effective management of economic space in the region. It proved the interconnection and interdependence of the development process of non-profit organizations and the implementation of sustainable economic regional development, which are an indicator of the effectiveness - indicators to measure the impact of non-profit organizations in the management of multi-vector economic space in the region and the quality of life. A methodological tools of research assessing the impact of non-profit organizations in the effective management of economic space in the region. The authors prove the usefulness of techniques that develop logic

justified refinement socio-economic content of the participation of non-profit organizations to effectively manage through the concept Actor trilateral cooperation as a system of relationships between actors (government, business and non-profit organizations), the implementation of which is able to bring to each of the subjects of economic benefits . It shows the sequence of the development of methodology for assessing the impact of non-profit organizations in the effective management of economic space in the region. The author's method uses a deterministic multiplicative factor model based on the calculation of the geometric mean. Assessment of the participation of non-profit organizations in the development of economic space in the region, first of all, based on the determination of the effects of the participation of non-profit organizations in the management of economic space and their impact on the development of the territories.

Key words: *non-profit organizations, regional economic development, assessment methodology, dynamic assessment indicators, integrated evaluation indices, economic indices, economic efficiency.*

Третьякова Лариса Александровна, доктор экономических наук, профессор кафедры управления персоналом.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

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

E-mail: tretyakova@bsu.edu.ru

Целюткина Татьяна Владимировна, кандидат соц. наук, доцент кафедры управления персоналом.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

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

E-mail: tselyutina@bsu.edu.ru

Авилова Жанна Николаевна, канд. соц. наук, доцент кафедры социологии и управления.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308000, Белгород, ул. Костюкова, 46

E-mail: janna-avilova@mail.ru

РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННЕГО РЫНКА ТРУДА И УЧАСТИЕ РОССИИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ РЫНКАХ РАБОЧЕЙ СИЛЫ: ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ

Ive_hibm@ukr.net

В статье выявлены основные тенденции развития рынка труда и описаны структурные и региональные особенности безработицы в современной российской экономике. В выводах согласно зарубежному опыту раскрыты наиболее продуктивные направления реформирования организационных, правовых и финансовых механизмов осуществления государственной политики занятости и стратегии интеграции России в международные рынки труда. Рассматривается российский внутренний рынок труда, а также тенденции, связанные с международными миграционными потоками и миграционной политикой России, влияние этих процессов на изменение положения на российском рынке труда. Анализируется состояние рынка труда в отдельных регионах Российской Федерации, произведено сопоставление положения в благополучных и проблемных регионах. Рассматриваются структура и инфраструктура рынка труда. Предложены рекомендации относительно развития рынка труда в России и реформирования некоторых механизмов, касающихся экспорта трудовых ресурсов, использования иностранной рабочей силы, положения и трудоустройства вынужденных мигрантов.

Ключевые слова: рынок труда, занятость, безработица, миграция рабочей силы, государственная политика занятости, экономика России.

Введение. Процесс становления России как экономически независимого и самостоятельного государства тесно связан с обретением ею надлежащего места в международной системе разделения труда. По сути, эти два процесса являются аспектами одной и той же проблемы – утверждения страны на мировой арене, и в первую очередь через ее признание полноценной участницей мировых экономических отношений, имеющей право на собственные национальные интересы во всех отраслях межгосударственного сотрудничества, в т. ч. в области международных обменов (миграции) рабочей силы. Ввиду существующей сегодня внутри и вокруг России экономической ситуации, путь к такому признанию предстоит достаточно долгий. Ускорить его можно лишь через целенаправленное воздействие государства на определенные «точки роста», к которым относятся и радикальное реформирование оставшейся от советской эпохи политики управления рынком труда во всех его сферах – занятости, безработицы и миграции рабочей силы [1].

Сегодня невозможно представить вхождение России в глобальную экономическую систему без интеграции в общемировой рынок труда. Но такая интеграция должна проходить максимально цивилизованно – то есть:

а) в интересах населения РФ, где в ближайшее десятилетие ожидается сложная ситуация с использованием собственного объема трудовых ресурсов, нарастание хаоса [2] во всех элементах внутринационального рынка труда, и

б) в соответствии с общими тенденциями и процедурами, принятыми для регулирования трудовой миграции на международном рынке рабочей силы [3].

Рассмотрим эти составляющие процесса управления интеграцией России в мировой рынок труда по порядку. Исходной же предпосылкой продуктивности такого исследования является детальный структурно-динамический анализ особенностей внутреннего рынка труда нашего государства, фактологическая часть которого основывается на данных из официальных и независимых источников.

Основная часть.

1. Состояние внутреннего рынка труда Российской Федерации.

На сегодняшнем рынке труда России проявляются тенденции и процессы двух групп: (а) напрямую приводящие к росту трудовой эмиграции за пределы РФ и (б) так же неизбежно приводящие к необходимости регулирования процессов иммиграции (въезда на территорию России) иностранной рабочей силы.

К первой группе относятся следующие черты:

Во-первых, российская безработица все еще носит достаточно **латентный (скрытый) характер**. Об этом свидетельствуют большие расхождения между официальным и реально оцениваемым уровнями незанятости трудоспособного населения (соотв. 5,3–5,5 и 20–24 % [3]), а также почти 5-кратное превышение числа безработных, исчисленного по критериям МОТ,

над числом лиц, обратившихся в 2012–2015 гг. в государственные учреждения службы занятости населения [4]. В основе этого лежит неадекватное сокращению объемов производства высвобождение работников: следствием падения активности предприятий всех форм собственности должны были бы стать массовые увольнения; однако таких увольнений не происходит, и в результате потенциальный избыток рабочей силы переходит в состояние неявной безработицы (на практике выражаемой в занятости неполные рабочий день и рабочую неделю, а также в неформальной, теневой занятости). Наихудшее положение сложилось в регионах, которые традиционно относились к трудоизбыточным. Так, по оценкам экспертов, в республиках Северного Кавказа (Дагестан, Ингушетия, Чечня, Кабардино-Балкария), Дальневосточном и Северо-Западном федеральных округах уровень скрытой безработицы достигает 40 и более процентов занятого населения. В то же время за последние 5 лет масштабы *зарегистрированного* высвобождения (сокращения занятых по инициативе администрации) не превышали 10 % численности работников в каждом из регионов РФ [5, 6]. Интенсивность этого процесса на государственных предприятиях была в 1,7–2 раза выше, чем на частных, причем мотивы высвобождения работников были везде одинаковы – падение объемов производства и нехватка собственных средств у предприятий.

Во-вторых, у **квалифицированных** работников РФ, желающих работать по найму, все еще остается очень **ограниченный выбор сферы приложения труда**. Сегодня спрос на квалифицированные трудовые ресурсы в основном предъявляют крупные предприятия по преимуществу государственной формы собственности: на них приходится 60 % численности занятого населения высшей и средней специальной квалификации и до 57 % основных производственных фондов России, а в структуре зарегистрированного спроса на указанную рабочую силу их доля составляет более 70 %. Оставаясь важнейшим работодателем, государство должно регулировать ситуацию на рынке труда, не допускать несоответствия размеров спроса и предложения квалифицированной рабочей силы в профессиональном и территориальном аспектах. Но, не имея для этого достаточно средств, наше правительство часто самоустраняется от такого регулирования. В итоге разбалансированность проявляется на рынках квалифицированного (как и общего) труда подавляющего большинства российских регионов. Наибольшим ее размером отличаются Сибирский, Уральский, Южный федеральные округа и некоторые области

(Орловская, Ивановская) Центрального округа: при доле этих регионов в совокупной рабочей силе РФ менее 31 %, на них приходится 42% общей зарегистрированной численности и более 57 % квалифицированных безработных; в незарегистрированной части безработных доля лиц с высшим и средним специальным образованием еще выше [4, 7]. Понятно, что длительно (в среднем в 2015 г. – более 6 мес.) не получая заработной платы на бюджетных предприятиях и сталкиваясь с преградами легальному трудоустройству (с целью приработка) в негосударственных организациях, работники вынуждены переходить в разряд *самозанятых* (чаще всего нелегально, причем на условиях неквалифицированного труда и неполного рабочего дня). Тем самым расширяется реальная безработица – но опять-таки в основном в скрытой, не учитываемой официальной статистикой государственной службы занятости, форме. Отсюда – повышение активности данной (самой подготовленной) части российских работников в поисках сфер своего приложения за рубежами России.

В-третьих, российская безработица также является **молодежной**. Конечно, до «кризиса молодежной занятости» в Испании и Греции стране еще далеко, но текущий экономический кризис уже начал «омолаживать» безработицу. Наибольшее число не имеющих работу (48,1 % в 2014 г.) находится в возрасте от 18 до 30 лет. Среди работников 18–20 лет работу ищет каждый третий; коэффициент превышения уровня безработицы среди молодежи по сравнению со средним уровнем безработицы по стране в 2015 г. составляет более 3,5 [4, 5]. Таким образом безработица начинает вовлекать в себя самую мобильную (готовую к перемене места работы, жительства и т.п.) часть населения нашей страны.

В-четвертых, расширение официальной и скрытой безработицы в РФ происходит на фоне явно недостаточного развития **инфраструктуры рынков труда** (прежде всего, государственной службы занятости, а также других элементов государственного регулирования сферы занятости – федеральной программы с перечнем необходимых мероприятий на перспективу в 5–7 лет, законодательной базы и др.). Ныне действующая сеть центров занятости располагает информацией о не более чем 13–15 % имеющихся в экономике вакансий, и с другой стороны, способна удовлетворить лишь около 23–25 % поступающих от предприятий и организаций заявок на подбор персонала. Это обстоятельство опять-таки вынуждает работников трудоустроиваться самостоятельно.

Все отмеченные тенденции неизбежно ведут к росту стремления граждан РФ искать новые рабочие места, новые и *реальные* источники своих доходов. А поскольку возможности нахождения их внутри экономики нашей страны ограничены, то перед большинством работников закономерно встает проблема расширения географии поисков – *трудовой* (либо физической) *эмиграции*.

Вторая группа тенденций внутринационального рынка труда в целом носит противоположный первый характер. Она связана с тем, что сегодня Россия (наряду с Белоруссией) все более превращается в «мишень» стихийной иммиграции беженцев и вынужденных переселенцев из государств бывшего СССР (Украины, Средней Азии, Закавказья) и дальнего зарубежья (прежде всего, Ирака, Сирии, Эфиопии и других бедных стран Азии и Африки).

Несмотря на объективные трудности кризисного периода и нынешнее санкционное давление стран Запада, Российская Федерация (вследствие стабильности социальной обстановки, а также относительной прозрачности своих границ) остается весьма привлекательной страной для внешних мигрантов.

Стремятся они на территорию нашей страны по самым разным причинам – в связи с обострением межнациональных отношений и разгоранием военных конфликтов, на заработки, по политическим соображениям и т.п. Геополитическое положение России вызывает прирост и *транзитных* мигрантов, для которых наша страна – перевалочный пункт на пути в западные государства.

В этой связи встает задача предоставления всем категориям иммигрантов работы и их обустройства на новых местах. Ее решение – дело вообще нелегкое, тем более в нынешних геополитических условиях. С другой стороны, с приездом мигрантов (а это, как показывают оценки, часто работники достаточно высокой квалификации) обостряется и без того тяжелая ситуация на внутреннем рынке труда нашей страны, поскольку повышается давление претендентов на каждое рабочее место – как заполненное, так и вакантное.

Все это вызывает настоятельную необходимость упорядочить процессы иммиграции в РФ, включить иностранную рабочую силу в программы изучения и регулирования внутринационального рынка труда.

2. Место России на мировом рынке труда. Миграционная политика.

Обе группы описанных тенденций определяют нынешнее состояние рынка труда России. Они же обуславливают конкретные *механизмы*

включения Российской Федерации в мировые процессы занятости и безработицы.

Пока что эти механизмы отсутствуют и в теории, и на практике [1]. Для их создания необходимо прежде всего:

1. Наметить общие направления, по которым РФ может и должна включиться в международный обмен трудовыми ресурсами.

2. Признать важность выработки основ национальной (федеральной и региональной) миграционной политики – как фундамента для такого включения.

3. Четко выделить перечень мер по каждому из намеченных направлений.

Только в случае последовательного решения всех трех задач станет возможной гармоничная, непротиворечивая интеграция страны в структуры и процессы международного рынка труда.

Исходя из ясных представлений о том, что экономическая миграция является неизбежной чертой современной экономики, и с другой стороны, выступает обязательной предпосылкой адекватного национальным интересам включения России в межгосударственный обмен рабочей силой, самыми целесообразными *направлениями регулирования миграционных процессов* считаем такие:

- по линии эмиграции кадров («экспорт трудовых ресурсов») в страны СНГ и дальнего зарубежья;

- приема (трудоустройство, выделение жилья, решение вопросов гражданства) беженцев и вынужденных переселенцев из стран СНГ, и

- «добровольной трудовой иммиграции» (использования иностранной рабочей силы) из стран СНГ и дальнего зарубежья.

Успешное продвижение по каждому из них связано с детальной проработкой целого комплекса проблем регулирования перемещений отечественной и иностранной рабочей силы на территории РФ. Такая проработка должна завершиться созданием национальной Концепции миграционной политики государства. Ее главной целью нужно сделать превращение миграции работников (как внутри страны, так и через ее границы) в инструмент решения *внутренних* социально-экономических задач России. Среди этих задач главными являются оптимизация распределения трудовых ресурсов, проведение реструктуризации экономики, ликвидация имеющихся очагов повышенной безработицы и социальной напряженности, создание условий для сохранения научного потенциала и прекращения оттока квалифицированных кадров за рубеж, общее ускорение реформ. Решение всех этих задач вполне осуществимо в рамках миграцион-

ной политики. При этом роль государства должна сводиться к обеспечению гарантий соблюдения прав всех категорий мигрантов; подчеркнем, что важность этой роли повышается в связи со стремлением России формировать альтернативные «западным» международные интеграционные объединения.

Главные *сферы реализации* миграционной политики определяются указанными направлениями участия РФ в международных рынках труда. К ним нужно отнести мероприятия в области управления: (а) экспортом национальных трудовых ресурсов; (б) вынужденной иммиграцией, и (в) использованием иностранной рабочей силы. Набор этих мероприятий должен составить Стратегию регулирования трудовой миграции и участия России в международном рынке труда.

3. Стратегия интеграции России в международные рынки труда

Согласно прогнозам международного экспертного сообщества, в конце 2015 и в 2016 годах Россию ожидает ухудшение большинства показателей занятости – как в абсолютных величинах, так и в структурном плане. Так, уже в октябре 2015 официальный уровень безработицы в целом по стране в сравнении с январем увеличился на 15 % [8], а согласно прогнозам аналитических агентств Bloomberg [9] и Statista Inc. [10], к концу 2016 г. уровень общей безработицы в российской экономике повысится до 7 и более процентов трудоспособного населения, из которых более половины составит ее *структурную* часть (т.е. затронет и без того «проблемные» категории занятых – молодежь и людей с высшим и средним специальным образованием, полученным в прошлые годы). Причем развиваться такие негативы будут на фоне возрастания в 1,5–2 раза давления на каждого еще сохранившего работу россиянина со стороны иностранных работников-мигрантов.

Для минимизации последствий указанной отрицательной динамики для экономики России в целом и в особенности – интересов ее населения, мы считаем необходимым в ближайшие 1–2 года провести в жизнь целый ряд реформ, коренным образом меняющих стратегию интеграции страны в процессы и структуры международных рынков труда.

В области экспорта трудовых ресурсов главной целью миграционной политики должно стать не принудительное закрепление национальных кадров в РФ (это – важнейшая, но отдельная задача, выходящая за рамки миграционной политики), а обеспечение *социальной защиты* российских работников-мигрантов. Такая защита предполагает: в период работы за грани-

цей – медицинское обслуживание, социальное страхование, механизмы международного признания российских документов (об образовании, квалификации, социальном статусе и др.), а после возвращения на родину – гарантии трудоустройства, вопросы начисления пенсии. В этой связи представляется целесообразным: (1) принять Закон «О социальной защите граждан РФ, выезжающих на временную работу за рубеж», (2) разработать Федеральную миграционную программу, (3) присоединиться к международным договорам о миграции.

Достижение целей миграционной политики в данной сфере предполагает также:

- заключение соглашений со странами ближнего и дальнего зарубежья по взаимному соблюдению прав работников на территории друг друга;

- формирование системы социальной защищенности работников-мигрантов. Она должна включать различные виды страхования и гарантий (сохранения рабочего места в РФ, непрерывности трудового стажа, пенсионного обеспечения);

- расширение правовой базы трудовой миграции – т.е. предоставление юридической помощи мигрантам при составлении контрактов, организация информирования об их правах и обязанностях, о разных профессиональных и социальных аспектах их жизни за рубежом;

- создание такого имиджа российских работников на международной арене, который бы соответствовал их знаниям и умениям (как показывают оценки, часто более высоким, чем у зарубежного персонала). Обратной стороной этой задачи является *качественный отбор трудовых мигрантов*, предполагающий:

- введение требования обязательной минимальной языковой подготовки для потенциальных трудовых мигрантов (уровень минимума должен зависеть от характера каждой конкретной будущей работы, и определяться совместными усилиями российских и зарубежных миграционных органов), и

- введение такого же требования для сотрудников государственных ведомств (ФМС, МВД), решающих вопросы разрешения временной миграции. Возложение на Миграционную службу или Прокуратуру контроля за деятельностью посреднических частных агентств в сфере внешнего трудоустройства;

- оказание вернувшимся после работы за рубежом помощи в трудовой адаптации. Данная мера является крайне важной, но ее осуществление станет возможным лишь в будущем, после стабилизации отечественного рынка труда и финансовой сферы.

В области вынужденной иммиграции в РФ для реформирования (с целью переориентации и повышения эффективности) государственной политики необходимо:

- присоединиться к Конвенции ООН о беженцах, что упростит нострификацию документов вынужденных мигрантов и обеспечит *доступ к международным фондам помощи* этим категориям лиц;

- законодательно обеспечить минимальную социальную помощь беженцам и вынужденным мигрантам (прежде всего, из стран СНГ). Здесь нужен Закон «О социальных гарантиях помощи вынужденным переселенцам»;

- расширить систему пунктов их первичного приема и временного размещения; затем – улучшить работу органов ФСБ и МВД по *фильтрации* подобных мигрантов (поскольку часть из них не отвечает статусу и подлежит депортации);

- обосновать и реализовать программу размещения беженцев на территории РФ и их профессиональной переподготовки *исходя из потребностей отечественной экономики*. Эти меры позволят избежать усиления безработицы и перекосов в трудовых потенциалах разных регионов страны (которые сегодня наблюдаются, например, в Краснодарском крае и ряде областей Юга и Юго-запада России в связи с массовым наплывом беженцев с Украины);

- поставить (вместе с Казахстаном и Белоруссией) внутри ЕЭП вопрос о создании Межгосударственного переселенческого фонда помощи вынужденным мигрантам – в частности, используя для этого долги соответствующих стран бывшего СССР Российской Федерации;

- проводить в жизнь принцип бюджетного федерализма, стимулируя (иногда и принудительно) финансирование приема и трудоустройства иммигрантов не только за счет госбюджета, но и *из бюджетов тех регионов, где они оседают*.

В области использования иностранной рабочей силы основной целью государственной политики следует считать всемерное ограничение масштабов «добровольной трудовой иммиграции». Достичь ее можно лишь в случае быстрого решения ряда конкретных задач федерального и регионального уровня. Главными среди них мы считаем следующие:

- усилить координацию работы всех занимающихся внешней миграцией ведомств (прежде всего ФМС и МВД). Здесь следовало бы разработать Положение о межведомственном взаимодействии МВД с министерствами и администрациями регионов РФ по вопросам использования иностранной рабочей силы;

- скорректировать ряд законодательных актов (предусмотрев усиление ответственности юридических лиц, принимающих на работу иностранцев без официального разрешения). Уже стоить штрафные санкции к руководителям предприятий (государственных и особенно частных), неофициально применяющих иностранную рабочую силу, разработать механизм наложения таких санкций;

- для выявления иностранцев, нелегально работающих на территории РФ, провести в короткие сроки перерегистрацию иностранных граждан (в т. ч. из бывших республик СССР), занятых на предприятиях всех форм собственности;

- разработать нормативные акты, регламентирующие порядок разрешения трудовых споров (в т. ч. на межгосударственном уровне) между работниками-иммигрантами и их российскими работодателями. Данная мера является важной и в области регулирования вынужденной иммиграции в Россию.

Заключение. В целом же надо отметить, что *внешняя* трудовая иммиграция пока оказывает существенно меньшее влияние на экономику и рынок труда РФ, чем негативы самого *внутреннего* рынка. Поэтому основу стратегии развития *внутреннего* рынка труда в ближайшей перспективе должен составить комплекс мероприятий по сокращению безработицы среди самых продуктивных – молодых и образованных – работников, а миграционной политики и стратегии участия нашей страны в международных рынках рабочей силы – по регулированию экспорта *национальных* рабочих кадров, некоторые элементы которого были описаны в данном исследовании.

Выводы. Вследствие ухудшения большинства показателей занятости в России в 2016 г., как в абсолютных величинах, так и в структурном плане, необходимо в ближайшие 1–2 года провести ряд реформ, коренным образом меняющих стратегию интеграции страны в процессы и структуры международных рынков труда. Это касается таких сфер, как экспорт трудовых ресурсов, вынужденная миграция, использование иностранной рабочей силы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Говорова Н.А. Нестандартные формы занятости: зарубежный опыт // Человек в инновационной экономике: монография / под ред. Е.Н. Чижовой. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 225–246.
2. Давыденко Т.А. Эффективность использования трудового потенциала в национальной экономике // Человек в инновационной эконо-

мике: монография / под ред. Е.Н. Чижовой. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С.175–192.

3. Дамаскина И.И., Чижова Е.Н. Проблемы трудоустройства молодежи на рынке труда Белгородской области // Экономика. Общество. Человек: Межвузовский сборник научных трудов / под ред. Е.Н. Чижовой. БГТУ им. В.Г. Шухова: Белг. регион. отд-е РАЕН. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 227–232.

4. Чижова Е.Н., Кажанова Е.Ю., Давыденко Т.А. Человеческий капитал в инновационной экономике // Социально-гуманитарные знания. 2013. №12. С. 111–120.

5. Чижова Е.Н., Урсу И.В. Человеческий капитал и инновационное развитие экономики: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 215 с.

6. Russia masks unemployment with Soviet-era tactics. Date Views 24.11.2015 <http://www.telegraph.co.uk/finance/economics/11810209/>.

7. Unemployment in Russia: Problems and Prospects. Date Views 10.11.2015 <http://www.investmentsrussia.ru/teoriya-investirovaniya/bezrbearobotitsa-v-rossii.html>.

8. Dokuchaev, D., 2015. Jobs Forest captivity. *Novye Izvestia*, 651: 8-10.

9. Employment and unemployment in Russia in January 2015. Date Views 23.04.2015

http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d06/168.html.

10. Employment and unemployment in Russia in January 2015. Date Views 23.10.2015 http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d06/36.html.

11. Russian regions are very different in terms of employment, unemployment and the use of foreign labor. Date Views 15.10.2015 <http://www.demoscope.ru/weekly/2007/0277/barom05.php>.

12. Pharmacist, P., N. Eppe, 2015. Why layoffs have not yet led to a substantial increase in unemployment. *Vedomosti*, 3806: 10-12.

13. Unemployment in Russia Rises 15 Percent. Date Views 24.10.2015 <http://www.themoscowtimes.com/article/540117.html>.

14. Russia Unemployment Rate Analysis. Date Views 12.11.2015 <http://www.bloomberg.com/quote/RUUER:IND>.

15. Russia: Unemployment rate from 2010 to 2020. Date Views 25.11.2015 <http://www.statista.com/statistics/263712/unemployment-in-russia>.

16. Starikova, M., 2015. Assessment of the degree of adaptability of the Russian economy. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 5: 265–268.

Lazarenko V.E.

PROGRESSION OF THE NATIONAL LABOR MARKET AND PARTICIPATION OF RUSSIA IN INTERNATIONAL LABOR MARKETS: OPTIMIZATION OF STRATEGY

Paper reveals the dominant trends of the labor market evolution and defines structural and regional peculiarities of the employment process development in the contemporary Russian economy. Based on these, study concludes in formulating the most productive ways of reformation of the organizational, juridical and financial mechanisms of the governmental national employment policy conduction. Main goal of study lays in estimating the industrially developed countries' experience of formation the optimal mechanisms of the state management over the labor force migration, and in recommending the key elements of strategy of Russia's integration in various international labor markets.

Key words: labor market, unemployment, labor force migration, governmental employment policy, economy of Russia.

Лазаренко Владимир Евгеньевич, доктор экономических наук, профессор кафедры теории и методологии науки

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: lve_hibm@ukr.net

*Чижов С.Ф., канд. экон. наук, доц.,
Чижова Е.Н. д-р экон. наук, проф.,
Акимов Г.З., канд. экон. наук, доц.,
Даяб А.Н., аспирант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАНА ГОЭЛРО КАК ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ

chizhova_elena@mail.ru

В статье анализируется проект, который был разработан и успешно завершен в намеченные сроки в России для реструктуризации народного хозяйства, – план ГОЭЛРО. В его подготовке и реализации участвовали видные ученые и практические работники. Таких проектов, как план ГОЭЛРО, в стране и в мире практически не было, как по методам, так и по результатам. Опыт реализации этого проекта нуждается в исследовании и сопоставлении с современными проектными технологиями. В статье доказывается, что план ГОЭЛРО представляет собой портфель проектов с соответствующими технологиями.

Ключевые слова: план ГОЭЛРО, проект, цель проекта, сроки проекта, бюджет, управление проектами, команда проекта.

Введение. В настоящее время достаточно распространено проектное управление. Правительства стран, администрации регионов, руководители организаций многие намечаемые мероприятия называют проектами. Не все из них можно непосредственно относить к проектам, технологии которых, несмотря на особенности каждого из объектов и процессов, являются четко стандартизированными, поскольку именно стандарты позволяют грамотно и эффективно управлять, добиваясь поставленных целей.

20-й век продемонстрировал огромное количество различных проектов, многие из них были осуществлены с применением проектных технологий. Научно-технический прогресс позволил разработать и внедрить разнообразные методы в управлении проектами, которые развиваются и совершенствуются благодаря ЭВМ и IT-технологиям. Все это относится и к нашей стране, во-первых, самой большой в мире по территории, во-вторых, дважды за прошедший век радикально изменившей свое политическое устройство и свою экономическую систему. Разными методами, экономическими и неэкономическими, были осуществлены проекты, изменившие промышленную, транспортную и всю целиком структуру экономики. Это относится и к плану ГОЭЛРО – плану индустриализации страны. Это был уникальный, грандиозный, масштабный проект с экономическими, социальными и экологическими результатами и последствиями. При разработке плана ГОЭЛРО фактически была разработана единая система планирования от целого к частному. Такой набор планов является классикой современного управления проектами.

Технология плана ГОЭЛРО как портфеля проектов. Прежде чем приступить к квинт-эссенции поставленной проблемы, определимся в понятиях и содержании проекта и видов проектных технологий.

В немецком промышленном стандарте (DIN 69901) проект определяется как план, который, как правило, характеризуется совокупностью исключительных условий, например, указанием цели, времени, финансовыми, кадровыми и другими ограничениями, отделен от других мероприятий. Предусматривается создание специальной организации для его проведения [9]

Именно как план понимают проект авторы коллективного учебника [14]. По их мнению, проект – системный комплекс плановых (финансовых, технологических, организационных и прочих) документов, содержащих комплексно-системную модель действий, направленных на достижение оригинальной цели. Проект – это всесторонний план, полноценная модель действий [15]. Проект необходимо разработать и реализовать, что и составляет укрупненное содержание управления проектом [14, с. 21].

С.А. Мишин [8], анализируя формулировки термина «проект», приходит к выводу, что все формулировки, с той или иной степенью акцента, основаны на следующих пяти компонентах:

- 1) проект представляет деятельность (комплекс действий, вид деятельности);
- 2) эта деятельность ограничена во времени;
- 3) эта деятельность имеет цель;
- 4) цель деятельности является уникальной;
- 5) ресурсы, имеющиеся для деятельности, ограничены, в частности, цель должна быть достигнута к определенной календарной дате.

М. Троцкий, Б. Груча и К. Огонек дают та-

кое определение проекта: «неповторяемое (реализуемое однократно) сложное мероприятие, локализованное в конкретном временном интервале с установленными моментами начала и окончания, выполняемое коллегиально (несколькими субъектами), ... с применением специальных методов и технологий» [13, с. 16].

Отправной точкой проектного управления является осознание цели проекта, которая характеризуется теми или иными элементами новизны. Цель содержит в себе основную идею проекта и деятельность по его реализации в целом, поэтому проектная деятельность носит интенсивный характер [16].

Исследование многочисленных определений проекта приводит к выводу, что его основными характеристиками являются разовый характер, результативное качественное изменение объекта (системы), временная ограниченность с определенными началом и концом и требования по затратам, новизна изменений, координированное выполнение многочисленных взаимосвязанных действий различными службами и специалистами и разграничение с другими намерениями и видами деятельности.

Управление проектами, использование соответствующих подходов, методов, инструментов зависит от вида проектов, тех признаков и особенностей, которые характеризуют определенный класс проектов. Каждый проект несет в себе новизну, уникальность, но, тем не менее, по существенным признакам проекты можно классифицировать. И именно отнесение проекта к тому или иному классу позволяет вырабатывать методику и инструментарий управления. По мнению Р. Арчибильда, «проекты различных размеров, форм, степени риска и сложности, сильно отличающиеся по конечным продуктам и результатам – основной определитель управления проектами» [1, с. 4].

В литературе по управлению проектами встречаются виды, типы, классы, категории проектов, под которыми порой понимается одно и то же либо к классу или виду относятся те проекты, которые у других исследователей относятся к типу. В целях данного исследования нет необходимости давать достаточно обширную классификацию проектов. Достаточно привести одну градацию, которая позволяет определенным образом квалифицировать ГОЭЛРО как проект.

В международной практике наибольшее распространение получило в настоящее время следующее подразделение проектов – проекты, программы и портфели проектов.

Есть точка зрения, что под «программами» понимаются долгосрочные мероприятия, кото-

рые включают два или более проекта, требующих близкой координации» [1, с. 7]. Но есть и несколько расширительная трактовка: «Под программой может пониматься либо широкий вид деятельности, либо совокупность проектов, объединенных по какому-то признаку. Такими признаками могут быть: географический признак, освоение территории; проекты, совпадающие по виду деятельности, например, программа строительства жилых домов; группа проектов, выполняемых в одной компании; модернизация оборудования в большой компании и т.д.» [15, с.140].

Проекты в пределах программы обычно тесно связаны по какой-либо причине, например, использования общих ресурсов, наличия взаимозависимостей (выполнение задачи в рамках одного проекта не может быть начато, пока не получены результаты выполнения задачи в рамках другого проекта) или поддержки общих стратегических целей. Связь характеризуется единой продуктовой линейкой, либо операционным подразделением, либо географической областью, либо общим клиентом и др. Существует короткое, но емкое определение программы в рамках британских стандартов: «набор связанных проектов с общей стратегической целью» [2]. Последнее определение, на наш взгляд, наиболее четко определяет программу и дает управленческие ориентиры.

Портфель проектов состоит из программы и проектов, поддерживающих заданную стратегию верхнего уровня [9]. «Проекты преобразуют стратегии в действия, а цели – в реальность» [1, с. 38].

Для реализации портфеля проектов применимо мультипроектное управление как вид технологии управления проектами. Мультипроектное управление понимается как особый вид проектного управления, осуществляющий большое количество проектов (их также можно назвать подпроектами) одновременно и на регулярной основе.

Особенность мультипроектов в том, что в них существует искусственная совокупность, конгломерат отдельных реализуемых проектов, объекты управления которыми никак не связаны, но путем особого управления дают синергетический эффект. Мультипроектное управление – это не просто управление набором терминальных проектов. Оно предполагает более высокий уровень целеполагания и управления с точки зрения системности. Все проекты, подвергаемые мультипроектному управлению, помимо того, что имеют свои конкретные конечные цели, еще служат для достижения определенных общих целей. Мультипроектное управление является

двухуровневым. На верхнем уровне применяется стратегическое управление развитием искусственной системы. Создаваемая модель имеет в большей степени управляющий, чем прогностический характер. Верхний уровень задает четкие показатели выполнения подпроектов, осуществляет перераспределение ресурсов в целях повышения эффективности их использования, формирует организационные структуры управления подпроектами.

Особенность мультипроектного управления в том, что оно направлено на достижение конечных целей, но его содержание, определяемое совокупностью одновременно управляемых проектов, не ограничено, постоянно изменяется, но целиком контролируется руководством.

Идея разработки плана ГОЭЛРО, его концепция, программа и конкретные характеристики восходят к уровню и обстоятельствам развития и энергетики России, и вообще всей ее промышленности на рубеже XIX-XX веков [2]. В этот период темпы роста промышленности в России были одни из самых высоких в мире. Так, за одно только последнее десятилетие XIX века промышленное производство страны выросло вдвое, а в тяжелой промышленности – почти втрое. Но, несмотря на это, а также на дешевый рынок рабочей силы и мощный приток иностранного промышленного капитала, Россия даже в 1913 году отставала от ведущих стран мира. Она добывала во много раз меньше полезных ископаемых – угля, железной руды и даже нефти, чем США, выплавляла гораздо меньше чугуна и стали. Примерно таким же, как в промышленности, было и положение в электроэнергетике. В том же 1913 году в России на душу населения вырабатывалось всего 14 кВт.ч электроэнергии, тогда как в США – 236 кВт.ч.

Российская отечественная электротехническая школа считалась одной из лучших в мире. Деятельность ее координировалась VI (электротехническим) отделом Русского технического общества, а также всероссийскими электротехническими съездами, которых с 1900 по 1913 год состоялось целых семь. На этих съездах рассматривались как технические, так и сугубо стратегические проблемы. В частности, вопрос о том, где лучше строить тепловые электростанции: непосредственно в промышленных регионах – с тем, чтобы подвозить к ним топливо, или, напротив, – в месте добычи этого топлива, чтобы затем передавать электроэнергию по линиям электропередач. Большинство российских ученых и инженеров-электротехников склонялись ко второму варианту – главным образом потому, что в центральной России имелись крупнейшие запасы бурых углей и особенно

торфа, для перевозки непригодного и в качестве топлива практически не применявшегося [19].

Опыт по созданию таких районных станций, работавших на местном, а не на привезенном издалека топливе и обеспечивавших электроэнергией крупный промышленный регион, был впервые реализован под Москвой в 1914 году. Близ Богородска (впоследствии г. Ногинск) соорудили торфяную электростанцию «Электропередача», энергия от которой передавалась потребителям в Москве по высоковольтной линии напряжением 70 кВ. Директором станции «Электропередача» был Г.М. Кржижановский. Кроме того, впервые в России эту станцию включили параллельно другой. Ею стала работавшая в Москве с 1897 года электростанция на Раушской набережной (ныне 1-я МОГЭС). В 1915 году Г.М. Кржижановский выступил на совещании по проблемам использования подмосковного угля и торфа с докладом, в котором содержались все те главные принципы энергостроительства, которые через пять лет стали основой будущего плана ГОЭЛРО.

По мере роста энергостроительства в России специалисты все больше убеждались в том, что стране нужна единая общегосударственная программа, которая увязала бы развитие промышленности в регионах с развитием энергетической базы, а также с электрификацией транспорта и жилищно-коммунального хозяйства. На электротехнических съездах неоднократно принимались резолюции о государственном значении электроснабжения, о необходимости сооружения крупных электростанций вблизи топливных месторождений и в бассейнах рек и связывании этих станций между собой при помощи развитой сети электропередач.

По разным причинам (война, отсутствие интереса, невежество, ментальность и др.) предложения ученых-энергетиков оставались без внимания. В.Л. Гвоздецкий приводит весьма показательный пример отношения к таким новациям: разработка Г.М. Кржижановским проблемы использования гидроресурсов Волги в районе Самарской Луки стала причиной следующего письма: «Конфиденциально. Стол № 4, № 685. Депенша. Италия, Сорренто, провинция Неаполь. Графу Российской Империи его сиятельству Орлову-Давыдову. Ваше сиятельство, призывая на вас Божью благодать, прошу принять архипастырское извещение: на ваших потомственных исконных владениях прожектеры Самарского технического общества совместно с богоотступником инженером Кржижановским проектируют постройку плотины и большой электрической станции. Явите милость своим прибытием сохранить божий мир в Жигу-

левских владениях и разрушить крамолу в зачатии. С истинным архипастырским уважением имею честь быть вашего сиятельства защитник и богомолец. Епархиальный архиерей преосвященный Симеон, епископ Самарский и Ставропольский. Июня 9 дня 1913 года» [4].

Один из руководителей нового государства – В.И. Ленин оценил значение электрификации. После октября 1917 г. вся страна находилась в глубочайшем политическом и экономическом кризисе. Большинство промышленных предприятий не работало из-за отсутствия сырья, энергии и изношенности оборудования. Целые социальные группы были практически уничтожены, в том числе это касалось инженеров, ученых, предпринимателей и высококвалифицированных рабочих. Многие промышленные предприятия были разрушены и разграблены, но те, которые можно было бы запустить, требовали электроэнергии. Электричеством обеспечивались лишь особо важные промышленные объекты и учреждения.

К концу 1917 года в России (особенно в Москве и в Петрограде) сложилось катастрофическое положение с топливом: бакинская нефть и донецкий уголь оказались недоступны. И уже в ноябре Ленин по предложению имевшего 5-летний опыт работы на торфяной электростанции «Электропередача» инженера И.И. Радченко дал указание о строительстве под Москвой Шатурской – тоже торфяной – электростанции. Тогда же он проявил интерес и к работам Г.О. Графтио по проектированию Волховской гидроэлектростанции под Петроградом и к возможности использовать военнотрудовых на ее строительстве [4]. Ленин в осуществлении электрификации видел победу социализма.

Уже в январе 1918 года состоялась I Всероссийская конференция работников электропромышленности, предложившая создать орган для руководства энергетическим строительством. Такой орган – Электрострой – появился в мае 1918 года, а одновременно с ним был образован ЦЭС (Центральный электротехнический совет) – преемник и продолжатель всероссийских электротехнических съездов. В состав его вошли крупнейшие российские энергетики. В апреле 1918 г. В.И. Ленин в «Наброске плана научно-технических работ» [7] предложил образовывать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и подъема экономики страны, обратив особое внимание на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию.

В декабре 1918 года ЦЭС организовал Бюро по разработке общего плана электрификации

страны, а примерно через год Кржижановский послал Ленину свою статью «Задачи электрификации промышленности» и получил на нее восторженный отклик.

Лишь только к началу 1920 года, когда в России завершились основные боевые действия гражданской войны, приступили к выполнению заданий по электрификации. В письме к Г.М. Кржижановскому, бывшему в тот период председателем Главэлектро ВСНХ (Всероссийского Совета народного хозяйства) от 23 января 1920 г. В.И. Ленин писал: «... Примерно: в 10 (5?) лет построим 20-30 (30-50?) станций, чтобы всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти (*примерно перебрать Россию всю, с грубым приближением*). Начнем-де сейчас закупку необходимых машин и моделей. Через 10 (20?) лет сделаем Россию “электрической”» [6, с. 62]. Это письмо определило основные направления плана электрификации. 3 февраля 1920 г. сессия ВЦИК приняла резолюцию об электрификации России. 11 февраля состоялось первое совещание представителей ведомств по вопросу организации комиссии по электрификации.

21 февраля 1920 года было утверждено постановление президиума ВСНХ “О создании электрификационной комиссии” во главе с Г.М. Кржижановским. Положение о комиссии утвердил и Совет рабоче-крестьянской обороны 24 марта 1920 года. В результате появилась «Государственная комиссия по электрификации России» (ГОЭЛРО) – орган, созданный для разработки проекта электрификации России. Аббревиатура также расшифровывается как Государственный план электрификации России, то есть продукт деятельности комиссии ГОЭЛРО, ставший первым перспективным планом развития экономики.

К работам комиссии ГОЭЛРО было привлечено около 200 специалистов, многие из которых работали на местах над планами развития отдельных отраслей и районов. Комиссия ГОЭЛРО представляла собой команду единомышленников, ясно понимавших стоявшие перед ней цели и пути их достижения. На постоянной основе в ней было занято в конечном итоге около 90 человек, другие привлекались по мере необходимости. Переводя на современный язык, это была команда управления проектом.

Кржижановским был разработан поэтапный график составления плана, а перед каждым из участников поставлена персональная задача и определены сроки её выполнения. Отчёты о проделанной работе заслушивались на еженедельных заседаниях, проходивших только под

его председательством. После обмена мнениями принимались коллегиальные решения. Принципиальные различия в точках зрения снимались на этапе предварительных консультаций. Текущие вопросы решались на оперативных летучках. В целях информирования общественности о ходе работы издавались бюллетени комиссии ГОЭЛРО, а Кржижановский каждые три дня по телефону и еженедельно на встречах в Кремле докладывал Ленину о ходе работы [3].

Для Г.М. Кржижановского принципиально важным был вопрос о полномочиях и ответственности, как его личной, так и возглавляемого им коллектива. В качестве первоначального условия эта проблема обсуждалась с Лениным и была решена так, как просил председатель Комиссии. В случае несогласия со своей точкой зрения Кржижановский занимал принципиальную и твердую позицию. Он сумел доказать не реальность двухмесячного срока подготовки программы, на котором настаивал Ленин. В результате было намечено завершить все работы к концу 1920 г. Кржижановский добился от руководства страны решения таких важных организационно-хозяйственных вопросов, как предоставление рабочих помещений, обеспечение транспортом и связью, выделение полиграфических мощностей, прикрепление членов Комиссии к специальной системе продовольственного снабжения (так называемые «литерные пайки»), установление социальных льгот семьям [3].

Была применена, как сейчас называют, жесткая матрица управления с высочайшей системой ответственности и контроля за исполнением работ.

В короткий срок комиссия ГОЭЛРО проделала огромную коллективную работу и к концу 1920 г., меньше чем через год, подготовила «План электрификации РСФСР». Доклад о плане электрификации был включен в повестку дня VIII Всероссийского съезда Советов (декабрь 1920 г.), который одобрил план ГОЭЛРО.

Объем «Плана электрификации РСФСР» составил 650 страниц текста с картами и схемами электрификации районов. План имел 2 раздела: раздел «А» – «Восстановление и наращивание мощности имеющихся объектов», то есть рассчитанный на восстановление и реконструкцию довоенной электроэнергетики, и раздел «Б» – «Строительство районных электростанций». Отдельно были определены задания по электрификации магистралей и ключевых объектов промышленности. Кроме того план включал укрупненный бюджет проекта: 17 млрд. рублей.

Этот план, рассчитанный на 10-15 лет, предусматривал строительство 30 электрических станций: 20 тепловых (Штеровской, Каширской,

Кизеловской, Горьковской, Шатурской, Челябинской и др.) и 10 ГЭС (Волховской, Днепровской, двух ГЭС на реке Свирь и др.). Общая мощность районных станций намечалась в 1750 тыс. кВт.

В качестве топливной базы тепловых электростанций предусматривалось использование местных видов топлива: торф, подмосковный и уральский уголь, отсева донецких углей, сланцы. План предусматривал также сооружение сети высоковольтных линий электропередач, объединение по сетям электростанций и создание энергетической системы России. Электростанции намечалось вооружить передовой техникой – крупными для того времени котлами и турбинами. Темпы роста мощности электростанций должны были значительно опережать темпы роста промышленной продукции. Суммарная годовая выработка электроэнергии на конец срока выполнения плана должна была составить 8,8 млрд. кВт-ч против 1,9 млрд. кВт-ч в 1913 г.

На базе электрификации намечалась коренная реконструкция отраслей народного хозяйства и преимущественный рост тяжелой промышленности. План предусматривал рациональное, равномерное размещение промышленности по всей территории страны, поэтому был разработан по 8 основным экономическим районам (Северному, Центральному-промышленному, Кавказскому, Южному, Приволжскому, Уральскому, Западно-Сибирскому, Туркестанскому) с учетом их природных, сырьевых и энергетических ресурсов и специфических национальных условий

Промышленная продукция должна была возрасти на за 10-15 лет на 80-100% по сравнению с дореволюционным уровнем. Намечалось довести добычу угля до 62,3 млн. т в год против 29,1 млн. т в 1913 г., нефти – 11,8-16,4 млн. т против 9,2 млн. т, торфа – 16,4 млн. т против 1,7 млн. т, железной руды – 19,6 млн. т против 9,2 млн. т, чугуна – 8,2 млн. т против 4,2 млн. т.

Параллельно с электрификацией осуществлялось развитие транспортной системы страны (магистрализация старых и строительство новых железнодорожных линий, сооружение Волго-Донского канала).

В области сельского хозяйства были намечены большие работы по механизации производства, широкому использованию агрохимии, внедрению прогрессивных систем земледелия, развитию ирригации и осушительной мелиорации, широкому применению тракторов.

План ГОЭЛРО предусматривал быстрый рост производительности труда на основе электрификации и механизации всех производствен-

ных процессов и коренных изменений условий труда.

Насколько детально и поэтапно прорабатывался и контролировался план электрификации, и насколько отслеживалась реализация подпрограмм, можно судить, например, по Постановлению СТО от 1 июня 1921 г. о программе электростроительства на 1921 г. Предложено «сосредоточить внимание на тех строительствах, которые могут дать непосредственные результаты в деле смягчения продовольственного и топливного кризиса уже в течение 1921 и 1922. На 1921 год намечено: продолжить постройку Каширской районной электростанции и электропередачи Кашира – Москва, Шатурской электростанции с линией передачи Шатура – Орехово-Зуево, Петроградской районной электростанции («Уткина заводь»), Кизеловской районной электростанции с линией передач в угольном районе, приступить к постройке Нижегородской районной электростанции, продолжить работу по расширению электростанции Судаковского завода с устройством электропередач для снабжения Тульского района, вести изыскания, проектировку и приступить к подготовительным работам по сооружению государственных районных электростанций в районах Челябинска (Урал) и Штеровки (Донбасс), вести изыскания и проектировку Днепровской гидроэлектростанции. Работы по сооружению Иваново-Вознесенской районной электростанции ограничить сооружением временной станции и подобных сооружений для развития торфодобыывания» [17].

Фактически была разработана единая система планирования от целого к частному. Такой набор планов является классикой современного управления проектами.

В июне 1921 года Комиссию ГОЭЛРО упразднили, а на ее основе создали Государственную общеплановую комиссию при Совете Труда и Обороне РСФСР (СТО), преобразованную затем в 1923 г. в Госплан СССР, руководивший всей экономикой страны в течение долгих десятилетий. Первый государственный плановый орган был образован из группы инженеров Комиссии ГОЭЛРО. Председателем Госплана РСФСР был назначен Кржижановский. В положении о Госплане указывалось, что он создан для разработки общегосударственного хозяйственного плана на основе плана ГОЭЛРО и для общего наблюдения за осуществлением этого плана. Госплану было поручено рассмотрение и согласование с общегосударственным планом производственных программ и плановых предложений хозяйственных организаций, установление очередности работ.

Позднее Госплан оформился в следующем виде: в нем было 34 сотрудника, было образовано семь структурных подразделений: 1. Подкомиссия плановых предположений ближайшего года. 2. Секция энергетики (Государственная комиссия по электрификации). 3. Сельскохозяйственная секция. 4. Секция промышленности. 5. Секция транспорта. 6. Подкомиссия учета и распределения материальных ресурсов и организации труда. 7. Подкомиссия внешней торговли и концессий.

Данные структурные подразделения стали мегапроектами в едином портфеле проектов Госплана РСФСР (преемника Комиссии ГОЭЛРО).

Вместе с Госпланом декретом Совнаркома от 17 марта 1921 года, была преобразована структура плановых органов в наркоматах. В них также создавались профильные плановые комиссии, которые должны были обеспечивать решение ведомственных задач и помогать Госплану в разработке единого государственного плана. Были также уточнены плановые функции СТО [5].

Как председатель Госплана Кржижановский продолжал руководить реализацией плана ГОЭЛРО (то есть быть не управляющим проектами, а управляющим портфелем проектов), который был выполнен к 1931 году, в минимальный намеченный комиссией 10-летний срок.

Основная научная концепция плана ГОЭЛРО состояла в рассмотрении народного хозяйства как целостной системы, ключевым звеном развития которой является электрификация страны. Точно так же энергетика страны рассматривалась как единая развивающаяся система, объединяющая производство, передачу, распределение и использование электрической и тепловой энергии и энергетических ресурсов. План ГОЭЛРО был планом не только энергетики и электрификации, но и первым в мире планом комплексного развития народного хозяйства. План ГОЭЛРО стал первым единым государственным перспективным планом развития народного хозяйства на основе электрификации.

К 1926 году была выполнена программа «А» плана электростроительства, к 1930 году были достигнуты основные показатели плана ГОЭЛРО по программе «Б».

ГОЭЛРО был стратегическим планом (программой) развития не только одной энергетики, а всех отраслей народного хозяйства нашей страны. Он предусматривал строительство предприятий, обеспечивающих эти стройки всем необходимым, а также опережающее развитие электроэнергетики. И все это привязывалось к планам развития территорий. На базе электри-

фикации предусматривалась коренная реконструкция всех отраслей народного хозяйства.

ГОЭЛРО до сих пор является самым грандиозным проектом в мире, он касался практически всего государства: всех отраслей и территорий. И управление им осуществлялось, по сути, как портфелем взаимосвязанных проектов. Более того, это была детально проработанная экономическая стратегия, содержащая ядро – электрификацию, которая позволяла сформировать необходимую промышленность в объеме и качестве, позволяющем обеспечить экономическую безопасность страны. Это была своего рода национальная структурная политика. После распада СССР, да и до этого ничего подобного не разрабатывалось. Эксперты в области макроэкономики все время сетуют на отсутствие в России экономической стратегии, охватывающей экономику в целом, на отсутствие национальной структурной политики. А структура, как известно, одна из важнейших характеристик целого, его состояния, соотношения и сочетания частей целого. «Если экономика и общество отвечают критериям целостности, гармонического сочетания их отдельных частей (отраслей, видов деятельности и т.д.), то они устойчивы и лучше защищены от угроз, вызовов и рисков и, следовательно, имеют запас прочности в обеспечении своего безопасного развития» [10, с.64].

ГОЭЛРО положил основу индустриализации в России. Наибольшее внимание уделялось в плане созданию и развитию тяжелой промышленности: энергетической, металлургической, машиностроительной. Во вводной части к «Трудам ГОЭЛРО» Г. М. Кржижановский писал: «Составить проект электрификации России – это означает дать красную руководящую нить для всей созидательной хозяйственной деятельности, построить основные леса для реализации

единого государственного плана народного хозяйства» [3].

План разрабатывался для России (РСФСР), а реализовывался уже в новых территориальных границах – СССР, образованном в 1922 году из Российской (РСФСР), Украинской (УССР), Белорусской (БССР), и Закавказской (ЗСФСР) советских республик, в состав которого в 1925 г. вошли Узбекская ССР и Туркменская ССР, а в 1929 г. – Таджикская ССР. Это явилось одним из важнейших факторов формирования основных принципов и государственного, и отраслевого управления, и управления организациями, весьма положительно влиявших на результаты: обеспечить намеченное к установленному сроку, а лучше – сделать больше и раньше. Данный принцип противоречит проектному управлению. Но следует помнить и о разрушенной Первой мировой и гражданской войнами экономике страны, и об экономической изоляции страны и желании доказать наличие преимуществ нового политического строя и новой системы хозяйствования, и о необходимости коренной реконструкции экономики, связанной с развитием научно-технического прогресса. Таким образом, поощрялось перевыполнение планов, изменение результатов по сравнению с поставленными целями в сторону превышения объемных показателей, сжатие сроков выполнения работ. Уже к минимальному сроку, на который был рассчитан план ГОЭЛРО (1931 г.) годовое производство электроэнергии в СССР достигло 10,7 млрд. кВт·ч, то есть увеличилось за 10 лет более чем в 20 раз. Установленная мощность районных электростанций в 1931 г. достигла 2105 тыс. кВт ч. К 1935 г. план ГОЭЛРО был значительно перевыполнен по всем основным показателям (табл. 1).

Таблица 1

План ГОЭЛРО и его выполнение [18]

Показатели	1913 г.	По плану ГОЭЛРО	1935 г.	% к плану ГОЭЛРО
Валовая продукция промышленности (% к 1913)	100	180-200	411	228-205
Мощность районных электростанций (тыс. кВт)	189	1750	4076	233
Уголь, млн. т	29,1	62,3	109,6	175,9
Нефть, млн. т	9,2	11,8-16,4	25,2	213-153
Торф, млн. т	1,7	16,4	18,5	112,8
Железная руда, млн. т	9,2	19,6	26,8	136,8
Марганцевая руда, млн. т	1,25	1,64	2,39	145,5
Чугун, млн. т	4,2	8,2	12,5	152,4
Сталь, млн. т	4,2	6,5	12,6	193,8
Алюминий, млн. т	-	9,8	25,0	255,1

Наиболее ярко успех выполнения плана проявлялся в постепенном исключении импортных поставок оборудования – за счет роста энергомашиностроения в этой отрасли. Если в

1923 году завод «Электросила» изготовил всего четыре первых гидрогенератора мощностью по 7,5 МВт для Волховской ГЭС, то к середине 30-х годов в стране функционировали столь круп-

ные предприятия, как «Электрозавод» (Москва), «Динамо» (Москва), «Красный котельщик» (Таганрог), Турбогенераторный завод имени С. М. Кирова (Харьков). И, начиная с 1934 года, в импорте для энергостроения СССР уже не нуждался [17].

Само же строительство шло невиданными в истории темпами. И причиной тому был не только энтузиазм народа, о котором нам говорили прежде, но и ряд весьма темных аспектов реализации плана ГОЭЛРО. Значительную часть строителей составляли не только призванные в так называемые «стройтудармии» бойцы, но и заключенные. А для финансирования программы широко распродавались сокровища отечественной культуры. А также зерно – и это в тех условиях, когда во многих регионах страны, и в первую очередь в Поволжье и на Украине, свирепствовал голод. Да и вообще в течение долгих лет все социальные секторы экономики финансировались только по остаточному принципу, из-за чего народ в СССР жил исключительно трудно. Без этого план вряд ли мог быть выполнен в срок.

Для работы в команде проекта часть специалистов привлекалась только для выполнения работ на временной основе. Из состава команды проекта в дальнейшем были назначены руководители функциональных проектов. Основные принципы плана ГОЭЛРО стали основой для отечественного планирования. Разрабатывался и совершенствовался как плановый и отчетный документ техпромфинплан (изначально промфинплан), давший в дальнейшем много для разработки типового бизнес-плана.

Впервые в России авторы плана ГОЭЛРО предложили экономическое районирование, исходя при этом из соображений близости источников сырья (в том числе энергетического), сложившегося территориального разделения и специализации труда, а также удобного и хорошо организованного транспорта.

Одной из важнейших идей плана ГОЭЛРО явилось создание централизованного энергетического хозяйства путем сооружения электростанций, объединенных высоковольтной линией электропередачи для совместной работы в единую сеть, что позволило обеспечить надежное и устойчивое электроснабжение промышленных районов страны. В основу создания единой энергетической системы России легли неоспоримые преимущества параллельной, согласованной работы укрупненных высокоэкономичных электростанций. Объединение территориальных энергосистем сопровождалось развитием электрических сетей, ростом эффективности энергетического производства, повышением

надежности и экономичности энергоснабжения потребителей в масштабах всей страны. Создание централизованного энергетического хозяйства позволило уменьшить риски в работе объединенной энергосистемы и обеспечить стабильную работу народного хозяйства. К концу же пятнадцатилетнего срока – к 1935 году советская энергетика вышла на уровень мировых стандартов и заняла третье – после США и Германии – место в мире.

Безусловно, осуществлялся и контроль реализации этого уникального проекта, но в основе своей он был административным, то есть отчетность представляла собой показатели о вводе в эксплуатацию объектов строительства или модернизации.

Выводы. Итак, по нашему мнению, план ГОЭЛРО можно считать проектом в системе управления проектами. Для такой позиции есть следующие основания:

1. Управление планом ГОЭЛРО осуществлялось, по сути, как портфелем взаимосвязанных проектов.
2. План ГОЭЛРО имел четкую неизменную цель – электрификацию народного хозяйства России.
3. План ГОЭЛРО имел четкие сроки реализации: с 1920 по 1935 год.
4. В плане ГОЭЛРО был определен бюджет для его реализации – 17 млрд. рублей.
5. Была разработана единая система планирования: от целого к частному. Такой набор планов является основой современного управления проектами.
6. Принципы плана ГОЭЛРО легли в основу организации планирования. Были разработаны стандартные плановые и отчетные документы. Техпромфинплан (изначально промфинплан) стал главным плановым документом для планирования на всех уровнях, в дальнейшем он же стал основой бизнес-планирования.
7. Комиссии Госплана РСФСР (преемника Комиссии ГОЭЛРО) стали руководителями мегапроектов в едином портфеле проектов, которые возглавили, по сути, управляющие проектами.
8. Председатель Госплана Г.М. Кржижановский, осуществляя руководство реализацией плана ГОЭЛРО, являлся управляющим портфелем проектов.
9. Портфель проектов в виде плана ГОЭЛРО, был выполнен к 1931 году, в минимальный намеченный комиссией 10-летний срок.

Таким образом, можно утверждать, что план ГОЭЛРО являлся первым успешно реализованным отечественным проектом, имевшим все признаки проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арчибальд Р. Искусство управления проектами: состояние и перспективы // Управление проектами. 2004. №1. С. 3–9; 2005. №1 (1). С. 14–23.
2. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2002. 464 с.
3. Гвоздецкий В.Л. Кржижановский Глеб Максимилианович [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ras.ru/nappelbaum/722d3775-6f62-4568-92b1-5902f3fe52c4.aspx?idetoc=0>
4. Гвоздецкий В. Л. План ГОЭЛРО: мифы и реальность [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nkj.ru/archive/articles/5906/>
5. Истоки планирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aftershock.su/?q=node/37875nhfvdfq71>.
6. Ленин В.И. Г. М. Кржижановскому // Полное собрание сочинений. Т. 40. М.: Издательство политической литературы, 1974. С. 62–63.
7. Ленин В.И. набросок плана научно-технических работ // Полное собрание сочинений. Т. 36. С. 228–231.
8. Мишин С.А. Проектный бизнес: адаптированная модель для России. М.: АТ, 2006. 428 с.
9. Пайпе С. Проектный менеджмент: ускоренный курс: пер. с нем. М.: Дело и Сервис, 2005. 192 с.
10. Сенчагов В.К. Национальная структурная политика – путь к обеспечению экономической безопасности // Вестник Российской академии естественных наук. 2015. №5. С. 64–70.
11. Стратегический менеджмент: теория, методология, практика: монография / С.Н. Глаголев, Ю.А. Дорошенко, П.П. Табурчак и др.; под общ. ред. Ю.А. Дорошенко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 167 с.
12. Стратегия инвестиционно-инновационного развития России в условиях глобальных экономических вызовов; под ред. проф. Ю.А. Дорошенко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 209 с.
13. Троцкий М., Груча Б., Огонек К. Управление проектами / пер. с польск. М.: Финансы и статистика, 2006. 304 с.
14. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник / кол. авт.; под ред. проф. М.Л. Разу. М.: КНОРУС, 2006. 768 с.
15. Чиждова Е.Н., Брежнев А.Н., Кондрашова Е.А. Основные виды показателей качества инновационного проекта и требования к их выбору // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 119–121.
16. Чиждова Е.Н., Шумилова Е. Ю. Совершенствование технологии оценки целевой эффективности проектного управления: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 166 с.
17. Экономическая жизнь СССР. Хроника событий и фактов. 1917–1965. В 2 кн. Изд-е 2-е, доп. Книга первая: 1917–1950 /гл. ред. С.Г. Струмилин. М.: Советская Энциклопедия, 1967. 440 с.
18. Экономическая энциклопедия. Промышленность и строительство. Ред. кол.: А.Н. Ефимов (гл. ред.) и др. Т. 1. М.: Советская энциклопедия, 1962. С. 331–334.
19. Harpham A., Successful Programme Management or Managing Successful Programmes, 16th IPMA World ECongress, Berlin, June, 2002.

Chizhov S.F., Chizhova E.N., Akimova G.Z., Dayub A.N.

THE TECHNOLOGY OF THE GOELRO PLAN AS A PROJECTS PORTFOLIO

The article analyzes the project which was developed and successfully implemented within the target time frame in Russia with the purpose of national economy re-structuring – the GOELRO plan. The eminent scientists and implementators were taking part in its preparation and execution. Actually, there have never been such projects as the GOELRO plan, both in our country and in the world, in terms of methods and results. The experience of implementation of such a project needs to be researched and compared to the up-to-date project technologies. It is proved in the article that the GOELRO plan represents a projects portfolio with the corresponding technologies.

Key words: GOELRO plan, project, project goal, project terms, budget, projects management, project team.

Чижов Сергей Федорович, кандидат экономических наук, доцент, кафедры экономики и организации производства.

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

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

E-mail: chijov@intbel.ru

Чижова Елена Николаевна, доктор экономических наук, профессор, кафедры теории и методологии науки.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: chizhova_elena@mail.ru

Акимова Галина Захаровна, кандидат экономических наук, доцент, кафедры стратегического управления.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Даюб Али Наиф, аспирант кафедры экономики и организации производства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: chijov@intbel.ru

DOI: 10.12737/22086

*Герасименко О.А., канд. экон. наук, доц.,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Авилова Ж.Н., канд. соц. наук, доц.,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

СУЩНОСТЬ, ПРИЗНАКИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫХ ФОРМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОССИИ

gerasimenko@bsu.edu.ru

В условиях преодоления последствий мирового финансового кризиса существует проблема недостатка потенциальных инвестиций в инфраструктуру российских регионов и городов. Партнерство государства и ключевых предприятий регионов направлено на достижение экономических и социальных целей по созданию необходимых условий для функционирования хозяйственного комплекса и обслуживания потребностей населения, удовлетворения растущего спроса на товары и услуги, доступности инфраструктуры.

В статье исследуются организационно-правовые формы государственно-частного партнерства в Российской Федерации, проводится анализ признаков и структурных элементов отечественной модели государственно-частного партнерства, рассматриваются различные подходы к исследованию сущности государственно-частного партнерства в отечественной и зарубежной литературе. Авторским коллективом сделан вывод о том, что экономические тренды развития государственно-частного партнерства являются частью модернизации системы государственно-экономического управления в контексте выстраивания альянса между властью, обществом и ключевыми предприятиями региона. В работе прогнозируется эффективность отдельных форм и видов государственно-частного партнерства с целью определения контуров национальной концепции развития государственно-частного партнерства в современной России.

Ключевые слова: *государственно-частное партнерство, муниципально-частное партнерство, регион, объекты государственно-частного партнерства, предприятие.*

Введение. Конструктивное взаимодействие предприятий в форме бизнес-структур и структур государственной власти является неотъемлемым условием устойчивого функционирования рыночной экономики. Характер этого взаимодействия, методы и конкретные формы могут существенно различаться в зависимости от целей развития страны на конкретном этапе, а также национальных моделей и зрелости рыночных отношений. При этом государство неизменно несет ответственность за выполнение публичных функций, связанных с общенациональными интересами, безопасностью, качеством жизни, конкурентоспособностью страны, однако привлекает для их реализации, как ресурсы бюджетов различных уровней, так и частный капитал предприятий в форме государственно-частных (ГЧП) или муниципально-частных партнерств (МЧП).

Методология. Основанием для исследования проблемы развития организационно-правовых форм ГЧП послужили фундаментальные труды классиков научной мысли по широкому спектру проблем, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития раз-

личных региональных социально-экономических систем.

В процессе исследования были использованы диалектический метод, предопределяющий изучение явлений в их постоянном развитии и взаимосвязи. В работе применялись также методы ситуационного, структурно-функционального, экономико-статистического, компаративного анализа, табличная и графическая интерпретация эмпирико-фактологической информации.

Основная часть. В настоящее время все развитые страны эффективно применяют механизм государственно-частного партнерства для решения экономических и социальных проблем общества. С позиции экономического содержания, ГЧП – это совокупность форм долгосрочного взаимодействия государства и бизнеса, направленного на развитие общественной инфраструктуры (социальной, транспортной, энергетической, коммунальной и пр.), при котором бизнес (частный партнер) участвует не только в частичном или полном финансировании создания (проектировании, строительстве/реконструкции и/или модернизации), но и в последующей эксплуатации объекта общественной инфраструктуры.

С нормативно-правовых основ, ГЧП - юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны, которое осуществляется на основании соглашения..., заключенного... в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения органами государственной власти и органами местного самоуправления доступности товаров, работ, услуг и повышения их качества[1].

В качестве преимуществ ГЧП обычно отмечают следующие: привлечение негосударственного финансирования для инвестиций в объекты государственного значения; сокращение государственных расходов на содержание (эксплуатацию) объектов инфраструктуры; разделение рисков проекта между государством и частными инвесторами; обеспечение экономически эффективного управления реализацией проекта путем передачи управленческих функций частному инвестору; привлечение современных, высокоэффективных технологий в развитие инфраструктуры; улучшение инвестиционного климата.

Очевидно, что обе стороны партнерства заинтересованы в успешном осуществлении проектов в целом. Проекты ГЧП облегчают выход на мировые рынки капиталов, стимулируют привлечение иностранных инвестиций в реальный сектор экономики. Особое значение ГЧП имеет для экономики регионов, где на его основе развиваются местные рынки капитала, товаров и услуг и где каждый партнер вносит свой вклад в общий проект.

Так, бизнес обеспечивает финансовые ресурсы, профессиональный опыт, эффективное управление, гибкость и оперативность в принятии решений, способность к новаторству. При этом обычно внедряются более эффективные методы работы, совершенствуются техника и технологии, возникают новые формы организации производства, создаются новые предприятия, в том числе с иностранным капиталом, налаживаются эффективные кооперационные связи с поставщиками и подрядчиками. На рынке труда, как правило, повышается спрос на высококвалифицированных и хорошо оплачиваемых работников [2].

Со своей стороны государство обеспечивает правомочия собственника, возможность предоставления налоговых и иных льгот, гарантий, а также материальных и финансовых ресурсов. В ГЧП государство получает возможность занять исполнение своих основных функций - контролем, регулированием, соблюдением об-

щественных интересов. По мере развития ГЧП государство в сфере инфраструктуры может постепенно смещать акценты в своей деятельности - с конкретных проблем строительства и эксплуатации объектов на административно-контрольные функции. Неизбежные предпринимательские риски при этом перераспределяются в сторону бизнеса. Общественная же значимость ГЧП заключается в том, что в итоге выигрывает общество как потребитель более качественных услуг.

Государство, вступая в союз с бизнесом, как правило, получает не только снижение нагрузки на бюджет, но и более гибкую и действенную, чем традиционная бюрократия, систему управления проектом, а бизнес - определенный набор гарантий и преференций. Партнерство в этом случае представляет собой некий симбиоз - реализацию возможностей и ресурсов контрагентов - государственного и частного секторов, т.е. каждая из сторон выполняет то, что ей удастся лучше всего. Так, ключевым в деятельности правительства является осуществление услуг в соответствии со стратегическими приоритетами. Для частного же сектора определяющим является возможность оказывать услуги по наиболее приемлемой цене.

С организационно-правовой точки зрения выделяют следующие признаки ГЧП [3,11]:

- стороны партнерства должны быть представлены как государственным, так и частным сектором экономики;
- государство и частный бизнес должны быть взаимно заинтересованы в инвестиционном проекте;
- взаимоотношения сторон должны быть зафиксированы в официальных договорах;
- взаимоотношения сторон должны носить партнерский, т.е. равноправный характер;
- стороны должны иметь общие цели и четко определенный государственный интерес;
- стороны должны объединить свои вклады для достижения общих целей;
- при создании партнерства должны учитываться режим иностранных инвестиций, административное право, режим обмена валюты, налоговое право, экологические нормы и т.д.;
- стороны должны распределять между собой расходы и риски, а не участвовать в использовании полученных результатов.

Обязательные признаки ГЧП/МЧП:

- предмет партнерства - привлечение инвестиций в создание/реконструкцию объектов инфраструктуры;
- частный партнер создает объект и осуществляет его эксплуатацию и/или техническое обслуживание;

- частный партнер полностью или частично финансирует создание объекта соглашения;
- долгосрочный характер партнерства (более 3-х лет).

Не обязательные признаки ГЧП/МЧП:

- возникновение права собственности на объект у частного партнера в тот или иной момент времени;
- частный партнер осуществляет проектирование объекта соглашения;
- публичный партнер обеспечивает частичное финансирование создания, технического обслуживания и/или эксплуатации.

В настоящее время в Российской Федерации на разных стадиях разработки и реализации находятся 1283 проекта ГЧП, среди которых преобладающее число - концессионные соглашения (рис. 1). В течение 2014-2015 годов общее количество проектов ГЧП увеличилось более чем в 10 раз, что в первую очередь объясняется развитием законодательства о ГЧП и заинтересованностью публичных партнеров в применении данного механизма для развития и модернизации инфраструктуры.

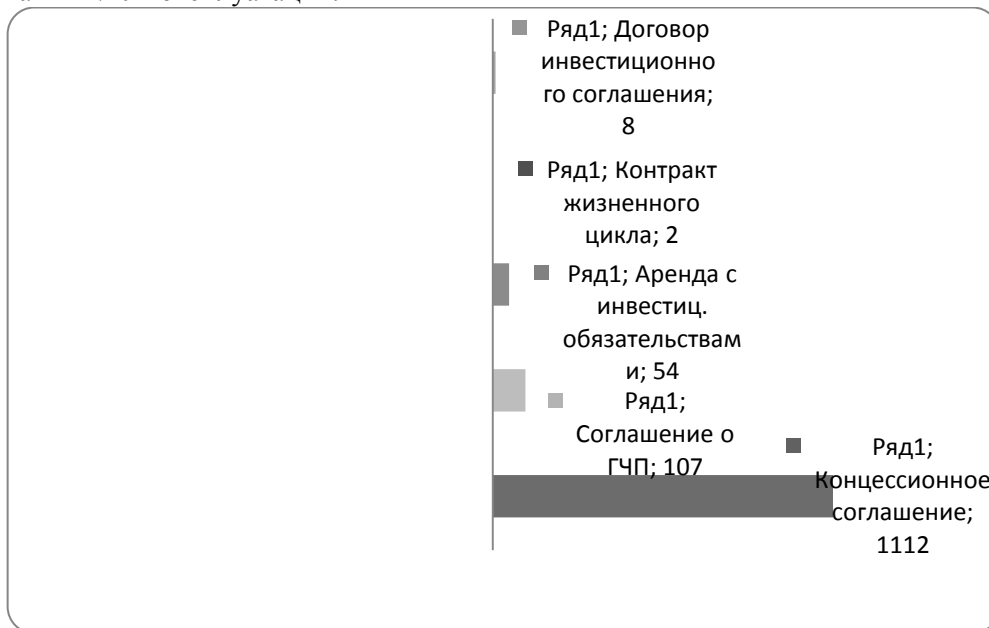


Рис. 1. Количество проектов ГЧП в разрезе по формам реализации

Объектами концессионного соглашения в первую очередь являются социально значимые объекты, которые не могут быть приватизированы, такие как аэродромы, железные дороги, объекты ЖКХ и другие инфраструктурные сооружения, а также системы общественного транспорта, объекты здравоохранения, образования, культуры и спорта. Концессия - это форма государственно-частного партнерства, направленная на развитие социально значимой инфраструктуры или осуществление видов деятельности (объект концессии), при которой частный сектор (концессионер) развивает объект концессии и получает доходы от его/ее эксплуатации/осуществления, а государственный сектор (концедент) сохраняет права собственности и контроля над объектом концессии (рис.2).

С 1 января 2016 года вступил в силу федеральный закон от 13 июля 2015 года № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Принятие закона о ГЧП вместе с усовершенствованным концессионным законодательством создает эффективный инструмент привлечения частного сектора к развитию публичной инфраструктуры. Предусмотренная законом о ГЧП новелла - возможность возникновения частной собственности на публичную инфраструктуру - позволяет использовать новые, эффективные и сбалансированные модели ГЧП в российской правоприменительной практике, учитывающие, с одной стороны, государственный интерес, с другой - потребность бизнеса в различных механизмах государственной поддержки. В целях обеспечения практической реализации закона о ГЧП введено регламентирование процессов инициирования, разработки, оценки, принятия решения о реализации, определения частного партнера для реализации проекта государственно-частного партнерства, проекта муниципально-частного партнерства. Определен перечень публичной инфраструктуры, которая может являться объектом соглашения о партнерстве. Данный перечень охватывает

практически все отрасли: от социальной, коммунальной и транспортной инфраструктуры до энергетики и мелиоративных систем (объекты, в отношении которых возможно заключение концессионных соглашений и соглашений о ГЧП,

приведены в табл. 1). При этом предусмотрены возможности инициатив частных инвесторов по созданию объектов, не дожидаясь предложений со стороны публичного партнера [4,9,10].

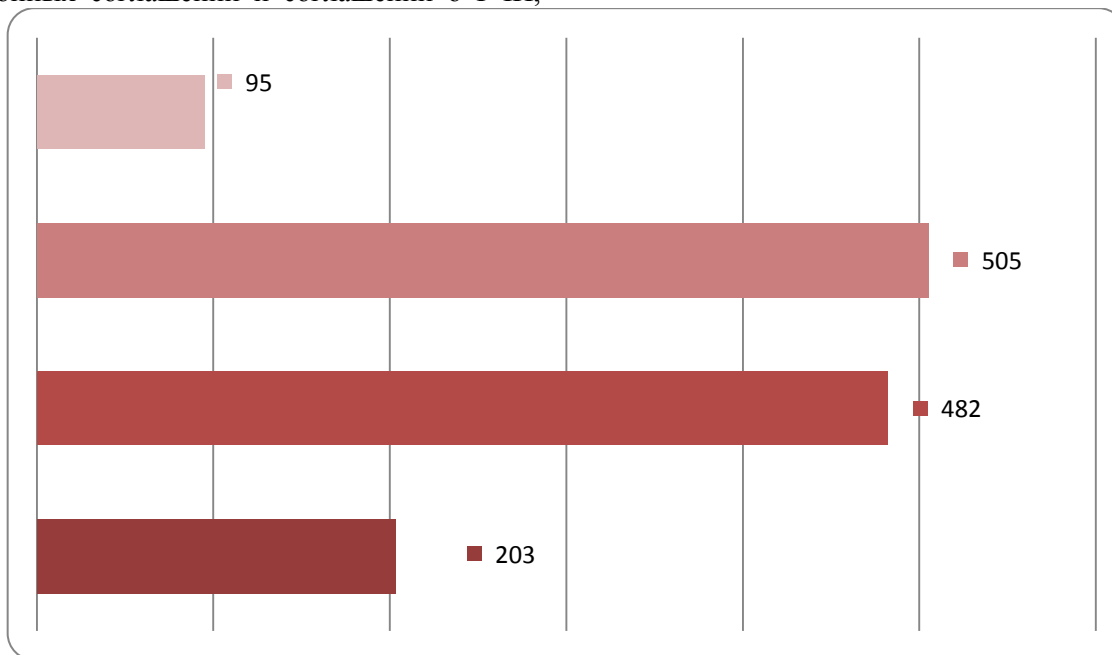


Рис.2. Количество проектов ГЧП по укрупненным сферам реализации

Перечень публичной инфраструктуры - потенциальных объектов ГЧП, объекты, в отношении которых возможно заключение концессионных соглашений (115-ФЗ) [5]:

- объекты централизованных систем водоснабжения, водоотведения;
- объекты очистки сточных вод;
- объекты по производству, передаче и распределению тепловой энергии;
- объекты тепло-, газо-, электроснабжения;
- федеральные, региональные и местные автомобильные дороги или участки автомобильных дорог, элементы их обустройства и объекты дорожного сервиса;
- мосты, путепроводы, тоннели;
- метрополитен;
- объекты единой системы организации воздушного движения.

Перечень публичной инфраструктуры - потенциальных объектов ГЧП, Объекты, в отношении которых возможно заключение соглашений о ГЧП (224-ФЗ):

- воздушные суда;
- частные автомобильные дороги или участки частных автомобильных дорог, мосты, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, элементы их обустройства и объекты дорожного сервиса;

- стационарные и плавучие платформы, искусственные острова;
- подводные и подземные технические сооружения, переходы;
- линии и иные линейные объекты связи и коммуникации;
- мелиоративные системы.

В соответствии с федеральным законом, форма ГЧП или МЧП определяется в соглашении и предусматривает обязательные элементы:

- создание (строительство и/или реконструкция) объекта соглашения частным партнером;
- осуществление частным партнером полного или частичного финансирования создания объекта соглашения;
- осуществление частным партнером эксплуатации и/или технического обслуживания объекта соглашения;
- возникновение у частного партнера права собственности на объект соглашения при условии обременения объекта соглашения.

По договоренности сторон соглашение может включать в себя и следующие необязательные элементы:

- проектирование частным партнером объекта соглашения;
- осуществление частным партнером полного или частичного финансирования экс-

плуатации и/или технического обслуживания объекта соглашения;

- обеспечение публичным партнером частичного финансирования создания объекта соглашения, а также финансирование его эксплуатации и/или технического обслуживания;

- наличие у частного партнера обязательства по последующей передаче объекта соглашения в собственность публичного партнера.

Сторонами соглашения о ГЧП/МЧП являются публичный партнер и частный партнер. Частный партнер - российское юридическое лицо, с которым заключено соглашение о ГЧП/МЧП. В целях предотвращения случаев реализации проектов «государственно - государственного партнерства» частными партнерами не могут быть:

- ГУПы и МУПы;
- государственные и муниципальные учреждения;
- публично-правовые компании и иные юридические лица, хозяйственные товарищества и общества, хозяйственные партнерства, созданные или находящиеся под контролем Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или муниципального образования, их дочерние хозяйственные общества;
- некоммерческие организации в форме фондов, созданные вышеперечисленными лицами, Российской Федерацией, субъектами Российской Федерации или муниципальными образованиями.

В законе также установлены требования к частному партнеру (ч. 8, ст. 5). Публичный партнер - Российская Федерация, субъект Российской Федерации или муниципальное образование. От лица публичного партнера может выступать правительство Российской Федерации, федеральный орган исполнительной власти, высший исполнительный орган государственной власти субъекта Российской Федерации, орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации, глава муниципального образования или иной уполномоченный орган местного самоуправления.

Публичный партнер может передать отдельные права и обязанности органам и юридическим лицам. Возможно, привлекать к реализации проекта третьих лиц по согласованию с публичным партнером на этапе заключения соглашения.

Заключение об эффективности и сравнительного преимущества проекта. Заключение об эффективности и сравнительного преимущества проекта.

Федеральным законом предусматривается обязательное определение уполномоченных ор-

ганов Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, дан открытый перечень их полномочий, который может быть расширен федеральными и региональными законами, нормативными правовыми актами правительства Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципальными правовыми актами [6,7,8]. Ключевые полномочия данных органов:

- проведение оценки эффективности проектов ГЧП/МЧП (за исключением уполномоченных органов местного самоуправления);
- согласование публичным партнером конкурсной документации для проведения конкурса на право заключения соглашения о ГЧП/МЧП;
- обеспечение межведомственной координации деятельности при реализации соглашений о ГЧП/МЧП;
- осуществление мониторинга реализации соглашений о ГЧП/МЧП;
- ведение реестра заключенных соглашений о ГЧП/МЧП.

Выводы. В перспективе предполагается создание необходимых условий на муниципальном и региональном уровнях:

1. Муниципальное образование обязано до 01.07.2016 г.: определить уполномоченный орган местного самоуправления в сфере МЧП, внести соответствующие изменения в устав муниципального образования

Основные полномочия уполномоченного органа местного самоуправления в сфере МЧП:

- координация процесса реализации проекта МЧП;
- согласование конкурсной документации проведения конкурсов на право заключения соглашения о МЧП;
- мониторинг реализации и ведение реестра заключенных соглашений о МЧП.

Данный перечень является открытым и может быть расширен уставами муниципальных образований и муниципальными правовыми актами.

Привести в соответствие с 224-ФЗ муниципальные правовые акты в сфере МЧП. Основное полномочие муниципального уровня в сфере МЧП – принятие главой муниципального образования решения о реализации проекта МЧП. Перечень полномочий главы муниципального образования в сфере МЧП является открытым и может быть расширен уставами муниципальных образований и муниципальными правовыми актами.

2. На муниципальном уровне могут быть дополнительно регламентированы:

- порядок разработки органами местного самоуправления проекта МЧП (инициатива публичного партнера);
- порядок принятия решения о реализации проекта МЧП;

- порядок взаимодействия органов местного самоуправления при реализации проекта МЧП;
- порядок реализации полномочий уполномоченного органа местного самоуправления в сфере МЧП.

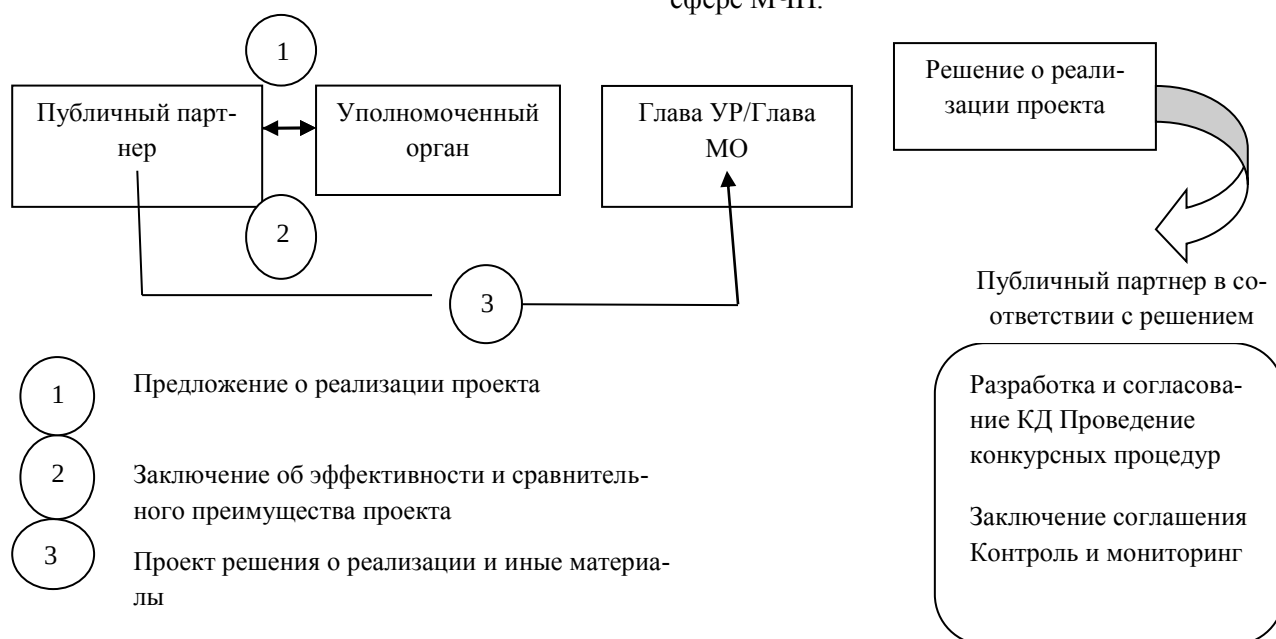


Рис. 3. Схема управление проектами ГЧП, МЧП (запуск, рассмотрение, реализация)

На региональном уровне - планирование развития инфраструктуры и учет механизмов ГЧП в документах целеполагания (реализовать комплекс мер, направленный на учет механизмов ГЧП в документах целеполагания; реализовать комплекс мер, направленный на организацию системы учета механизмов ГЧП при разработке и реализации государственных и муниципальных программ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 13 июля 2015 г. N 224-ФЗ.
2. Дерябина М.А. Государственно-частное партнерство: теория и практика // Вопросы экономики. 2008. №8. С. 73–85.
3. Николаев А.И., Бочков С.О. Государственно-частное партнерство в РФ: экономическое содержание и правовое обеспечение // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. 2007. № 1-2. С. 217–225.
4. О концессионных соглашениях: Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ.

5. Мясоедов С. П. Междисциплинарный словарь по менеджменту. М.: Дело, 2005. 256 с.
6. Тхориков Б.А. 2012. Методология индикативного управления //Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012.№ 10. С. 154–157.
7. Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А. Технологическая модернизация предприятий: барьеры, критерии принятия решения и механизм реализации// Белгородский экономический вестник. 2015. № 2 (78). С. 20–27.
8. Дорошенко Ю.А., Никулина Т.Ю. Особенности создания регионального венчурного фонда посевных инвестиций на условиях государственно-частного партнерства// Белгородский экономический вестник. 2012. № 3 (67). С. 3–7.
9. Авилова Ж.Н., Качурова Е.В. Формирование инновационной среды: от фундаментальной науки к комплексным разработкам // Белгород, 2013.
10. Семибратский М.В. Бюджетная стратегия региона в новых экономических условиях России//Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика 2014. Т. 29. № 1-1 (172). С. 41–45.
11. Ломовцева О.А., Герасименко О.А. Приоритеты и механизмы ГЧП в формировании ин-

новационного промышленного комплекса региона // Научные ведомости БелГУ. 2015. №13(210). Вып.35/1. С. 5–9.

Gerasimenko O.A., Avilova Z.N.

ESSENCE, CHARACTERISTICS AND CHALLENGES OF ORGANIZATIONAL-LEGAL FORMS OF PPP IN RUSSIA

In the conditions of overcoming the consequences of the global financial crisis, there is a problem of lack of potential investments in the infrastructure of Russian regions and cities. The partnership of the state and the key companies in the region aimed at achieving economic and social objectives to create the necessary conditions for the functioning of the economic sector and the service needs of the population, meet the growing demand for goods and services, the availability of infrastructure.

The article investigates the organizational and legal forms of public-private partnership in the Russian Federation, the analysis of characteristics and structural elements of the national model of public-private partnerships, various approaches to the study of the essence of public-private partnerships in the domestic and foreign literature. Author's team concluded that the economic trends in the development of public-private partnerships are part of the modernization of the system of state and economic management in the context of building an alliance between the government, society and the key companies in the region. The paper predicted the effectiveness of individual forms and kinds of public-private partnership to determine the contours of the national concept of public-private partnership in Russia.

Key words: public-private partnerships, municipal-private partnership, the region, the objects of public-private partnership company.

Герасименко Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

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

E-mail: gerasimenko@bsu.edu.ru

Авилова Жанна Николаевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308000, Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: janna-avilova@mail.ru

Селиверстов Ю.И., д-р экон. наук, проф.,
Ватулин А.Е., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ И МЕТОДОВ АКТИВИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

urisel@mail.ru

Активизация инновационной деятельности является в настоящее время важнейшей задачей, стоящей как перед конкретными предприятиями и отраслями строительства, машиностроения, энергетики так и перед экономикой страны в целом. В статье рассматриваются факторы, влияющие на инновационную активность. Предложен авторский подход к формированию методов активизации инновационных процессов

Ключевые слова: инновации, инновационная активность, строительство, машиностроение, энергетика, активизация, факторы, методы, государство.

Введение. Показатели инновационной активности рассматриваются сегодня в числе основных показателей интегрированных характеристик конкурентоспособности хозяйствующего субъекта. Работы исследователей в значительной мере уделяют внимание анализу форм и методов активизации инновационной деятельности в конкретных отраслях промышленности: строительстве [8, 9], машиностроении [1, 2], энергетике [6, 7, 10], горно-металлургической [4]. В то же время существует определение инновационной активности организации как комплексной характеристики интенсивности инновационной деятельности, основанной на способности организации к мобилизации инновационного потенциала. Инновационный потенциал, в свою очередь, оценивается через характеристики пяти основных групп: научно-исследовательский потенциал, кадровый потенциал, финансовый потенциал, материально-технический потенциал и организационно-структурный потенциал. [3]

Для изучения факторов и методов активизации инновационных процессов в экономике необходимо определиться с термином «активизация». Активизация в общем смысле – это применение комплекса мер, направленных на умножение или ускорение деятельности целевого объекта. Следовательно, активизация инновационных процессов может рассматриваться нами как совокупность мероприятий, инициируемых с целью ускорения основных этапов инновационного процесса и сокращения временных интервалов между ними. Активизация инновационных процессов сегодня является одной из главных задач инновационной деятельности хозяйствующего субъекта.

Методология. Для подробного изучения среды, в которой реализуется инновация, нами сформирован исследовательский подход, заключающийся в том, что:

а) каждый этап инновационного процесса как объект внешнего факторного воздействия рассматривается по-отдельности;

б) каждый этап инновационного процесса характеризуется присутствием двух основных групп участников: исполнителей инноваций и создателей условий для инноваций;

в) исполнители инноваций формируют субъективные факторы реализации инновационного процесса, а создатели условий для инноваций, воздействуя на исполнителей инноваций на каждом из этапов инновационного процесса, формируют объективные факторы.

Основная часть. *Исполнители инноваций* являются прямыми носителями инновационной активности. В их состав входят четыре категории участников.

1) Менеджеры инноваций (инициаторы и управленцы инновационного процесса) занимаются планированием инновационной деятельности и поиском актуальных направлений инновационного развития вверенных им объектов хозяйствования, организуют инновационные процессы и мотивируют их участников. Менеджеры инноваций в разной форме принимают участие в каждом из этапов реализации инновационного процесса, являясь одним из ключевых исполнителей инноваций. Они больше, чем все остальные категории исполнителей инновационного процесса, заинтересованы в доведении его до успеха – появления инновации. Менеджер инноваций – довольно широкое понятие, объединяющее в себе всех субъектов экономики, задающих целью успешной реализации инновационных процессов. Таковыми можно считать как отдельно взятого специалиста, так и хозяйствующий субъект, ставший инициатором или руководителем инновационного процесса.

2) Авторы новшеств (ученые, изобретатели), сосредотачивая фундаментальные знания и проводя прикладные исследования, в ответ на

возникающие потребности и задачи формируют идею новшества. Мотивация потенциальных авторов новшеств - наиболее важное звено в совокупности мероприятий по активизации инновационных процессов. При этом главным противоречием, ограничивающим объем мотивационных ресурсов, является неопределенность ценовых (стоимостных) оценок результата проводимых исследований и разработок.

3) Конструкторы новшества (ученые-практики, инженеры) вместе с авторами придают инновационной идее форму, а также совместно с менеджерами инноваций участвуют в разработке технологии промышленного производства (умножения) новшества. Для конструкторов важны технико-технологические условия для решения указанной задачи. На этапе разработки технологии производства новшества важ-

ным является определение примерной себестоимости будущего продукта.

4) Реализаторы новшества (маркетологи, дистрибьюторы) выполняют не менее важную задачу, нежели предыдущие исполнители инноваций, апробируя и публикуя до этого не знакомый целевому объекту оформленный продукт интеллектуального труда. На стадии апробации важную роль выполняют маркетологи или лица, выполняющие их функции, определяющие стратегию выхода на рынок и формы позиционирования товара. Стадия распространения по результатам успешной апробации – нововведения – требует комплексных и оперативных усилий от дистрибутивных систем.

Каждая категория участников характерна для определенного этапа инновационного процесса (рис. 1.).

Участники (исполнители) инновационного процесса	Этап инновационного процесса				
	Зарождение идеи новшества	Возникновение новшества	Возникновение технологии производства новшества	Апробация новшества	Диффузия инноваций
Менеджеры инноваций	✓	✓	✓	✓	✓
Авторы новшества	✓	✓			
Конструкторы новшества		✓	✓		
Реализаторы инноваций				✓	✓

Рис. 1. Принадлежность исполнителей инноваций к этапам инновационного процесса

Создатели условий для инноваций оказывают влияние на формирование объективной среды, в которой реализуется инновационный процесс. Среди создателей условий для инноваций мы выделяем четыре основные группы участников

1) Государство посредством института права, внешней и внутренней экономической политики является важным участником инновационного процесса любого уровня. Государство как субъект инновационного развития гарантирует определенный уровень защиты интеллектуальных прав, определяет налоговую политику в отношении инновационно активных предприятий, является главным регулятором денежно-кредитной системы государства, устанавливает правила и требования к выдаче патентов, лицензий и т.д.

2) Инвесторы в лице финансово-кредитных учреждений, венчурных фондов, инвестиционных банков формируют такие факторы, как доступность финансирования для реализации инновационного проекта; средний уровень риска,

приемлемый для инвесторов; востребованные направления инвестиционных вложений.

3) Научно-технологические и образовательные структуры в лице вузов, научно-исследовательских институтов и центров, инжиниринговых компаний и технопарков создают среду для осуществления прикладных исследований, экспериментов, опытно-конструкторских работ, то есть формируют инфраструктуру для осуществления инновационных процессов, а также базу фундаментальных и прикладных научных исследований. Образовательные структуры выпускают квалифицированных специалистов, соответствующих актуальным требованиям инновационного развития отраслей народного хозяйства.

4) Потенциальные потребители определяют величину и качественные характеристики спроса на инновационную продукцию, могут являться главным источником зарождения концепции нововведения, в то же время, имеют силу прекратить дальнейшую реализацию инновационного процесса.

Создатели условий инноваций оказывают непосредственное влияние на исполнителей инноваций, образуя внешнюю факторную среду для реализации инновационного процесса. Отообразим формируемые создателями иннова-

ций факторы инновационного процесса в соответствии с их влиянием на основных исполнителей инноваций (табл. 1.).

Таблица 1

Формирование факторов внешней среды инновационного процесса

	Государство	Инвесторы	НИИ и ВУЗы	Потребители
Менеджеры инноваций	Инновационная политика государства; внешнеторговая политика государства; денежно-кредитная политика; амортизационная политика; антимонопольное законодательство	Уровень доступности финансовых ресурсов для реализации инновационного процесса	Доступность и качество технологических и кадровых ресурсов НИИ и ВУЗов для реализации инновационных процессов	Уровень восприятия обществом и рынком инновационных продуктов
Авторы новшеств	Защищенность интеллектуальной собственности в стране; поддержка науки; финансирование проектов, направленных на создание материально-технических условий для проведения НИОКР	Уровень финансирования фундаментальных и прикладных исследований	Доступность и качество научной базы для проведения фундаментальных и прикладных исследований	Доступность информации о конъюнктуре потребительского рынка
Конструкторы новшеств		Уровень финансирования проектов, направленных на создание материально-технических условий для проведения НИОКР	Доступность и качество технологической и лабораторной базы для проведения НИОКР	
Реализаторы инноваций	Налоговая политика; патентно-лицензионное законодательство	Инвестиционная политика в отношении реализации инноваций	Уровень лояльности НИИ и ВУЗов по отношению к совместным проектам частного-государственного характера, направленных на реализацию инновационных процессов	Уровень изменчивости потребительского спроса

Совокупность представленных факторов, формируемых на стыке создателей условий для инноваций и их исполнителей, по-разному влияют на этапы инновационного процесса. Благоприятное состояние факторов одной группы может способствовать запуску инновационного процесса, однако, для его успешного завершения требуется наличие положительных факторов со стороны каждой из представленных групп создателей инноваций.

С точки зрения активизации инновационных процессов предприятие может выполнять различные функции. Способность предприятия стать потребителем (пользователем), инициатором или создателем инновационного продукта определяется рядом условий.

Предприятие-потребитель (пользователь) инноваций, - это хозяйствующий субъект, кото-

рый приобретает на рынке инновационный продукт (сырье, технологию, оборудование, полуфабрикаты, готовый продукт для перепродажи) и успешно применяет его в своей деятельности, экономико-финансовые, технико-технологические и кадрово-организационные характеристики которой соответствуют требованиям эффективного использования данного продукта.

Предприятие-инициатор инноваций, - это хозяйствующий субъект, запускающий процесс создания инновационного продукта, который может протекать как на его базе, так и на базе сторонних организаций. Для запуска инновационного процесса не обязательно наличие у предприятия-инициатора требуемых технико-технологических и кадрово-организационных условий, основным показателем предприятия в

данном случае является его экономико-финансовое состояние.

Предприятие-создатель инновационного продукта – это хозяйствующий субъект, обладающий всеми необходимыми условиями для реализации инновационного процесса и реализующий на своей базе все или большую часть этапов создания инновации. Предприятие-создатель инноваций должно обладать соответствующими экономико-финансовыми, кадрово-организационными и в случае, если инновация носит материальный характер, технико-технологическими параметрами.

Удовлетворительные условия внешней среды являются хорошим подспорьем для развития

инновационной деятельности на предприятии, однако, для успешной реализации инновационного процесса необходимо учесть также влияние факторов внутренней среды, формируемых внутри хозяйствующего субъекта. Мы разделяем внутриорганизационные факторы на три основные группы:

- экономико-финансовые;
- технологические;
- кадрово-организационные.

Представим факторы внутренней среды предприятия, влияющие на реализацию инновационных процессов, в соответствии с делением их на три основные представленные группы (см. табл. 2).

Таблица 2

Внутриорганизационные факторы, влияющие на реализацию инновационного процесса

Группировка факторов	Наименование факторов
Экономико-финансовые	Уровень финансовой устойчивости предприятия Наличие финансовых резервов для организации инновационно-инвестиционной деятельности Взаимоотношения с кредиторами (кредитная история) Структура экономики предприятия Уровень деловой активности менеджмента предприятия
Технико-технологические	Соответствие современным требованиям программно-технической базы предприятия Уровень износа основных производственных фондов Наличие/отсутствие базы для проведения НИОКР Уровень системы оценки качества продукции на предприятии
Кадрово-организационные	Уровень квалификации, образование персонала Наличие/отсутствие менеджмента инновационной деятельности Уровень гибкости организационной структуры предприятия Уровень взаимодействия менеджмента с предприятиями отрасли Качество организации информационных потоков между подразделениями предприятия Эффективность системы мотивации труда на предприятии Уровень сопротивления персонала на внедрение инноваций

Таким образом, успешную реализацию инновационных процессов можно рассматривать как результат успешного сочетания факторов внутренней и внешней среды, применения совокупности методов активизации инновационных процессов. В свою очередь методы активизации инноваций можно рассматривать как мероприятия, направляемые на изменение факторов, воздействующих на разные этапы инновационного процесса.

Участниками инновационного процесса, которые имеют возможность оказывать непосредственное влияние на его реализацию, являются государство, со стороны создателей инноваций, и менеджеры – со стороны исполнителей инноваций. Государство как участник инновационного процесса оказывает влияние не только на исполнителей инноваций, но и на все остальные группы создателей инноваций, в том числе инвесторов, НИИ и ВУЗы, а также потребителей

[5]. Менеджеры инноваций, в свою очередь, имеют возможность оказывать влияние только на других исполнителей инноваций (авторов, конструкторов и реализаторов новшеств). Государство, иницируя методы макроэкономического характера, способно повлиять как на отдельные хозяйствующие субъекты, так и на одну или несколько отраслей народного хозяйства. Менеджеры инноваций, как правило, направляют свои усилия на создание условий для инновационного процесса в рамках отдельно взятого предприятия.

Государство может использовать методы политического, правового, финансового и административного характера.

Среди методов политического характера, которые позволяют оказать общее воздействие на формирование внешней среды реализации инновации, выделяют:

- формирование эффективной инновационной стратегии и политики развития государства;
- формирование благоприятной денежно-кредитной политики государства, позволяющей повысить доступность инвестиционных ресурсов для запуска и реализации инноваций;
- содействие продвижению инновационной продукции на мировой рынок с помощью инструментов внешнеэкономической политики;
- стимулирование спроса на инновационные продукты с помощью утверждения соответствующих норм в правилах бухгалтерского учета, касающихся начисления амортизационных отчислений;
- проведение культурной политики, направленной на развитие положительного восприятия инноваций в обществе;
- пропаганда значимости научной и научно-технической деятельности среди населения.

Правовые методы позволяют на законодательном уровне закрепить определенные условия для реализации инновационного процесса, в частности:

- разработка и утверждение законов, направленных на защиту результатов интеллектуальной деятельности;
- упрощение процедур регистрации патентов и лицензирования;
- регулирование цен и тарифов на продукцию предприятий-монополистов, являющихся востребованным поставщиком сырья среди инновационно активных предприятий.

Методы финансового характера со стороны государства предполагают оказание финансовой поддержки субъектов, являющихся непосредственными участниками инновационного процесса:

- финансирование приоритетных направлений науки и образования, поддержка ученых и талантливой молодежи;
- финансирование проектов по созданию технопарков, наукоградов, исследовательских институтов, испытательских центров;
- налоговое стимулирование предприятий, осуществляющих инновационную деятельность (полное или частичное освобождение от уплаты одного или нескольких видов налогов);
- стимулирование спроса на инновационные продукты с помощью государственного заказа;

В качестве административных методов государства, направленных на содействие развитию связей и открытости к совместной работе среди главных участников инновационного процесса, можно выделить:

- принятие государственных программ, направленных на объединение ресурсов коммерческих предприятий и научно-

исследовательских учреждений для достижения совместных целей, касающихся инновационного развития;

- проведение мероприятий, направленных на повышение доступа научной и технологической баз для проведения опытно-конструкторской работ инициаторами инноваций;
- стимулирование мероприятий, направленных на рост взаимодействия между научно-образовательными учреждениями и инновационно активными коммерческими предприятиями.

Перечисленные методы активизации инновационных процессов преимущественно направлены на совершенствование условий развития инноваций в целом в экономике. Одинаковое воздействие на различные предприятия народного хозяйства приводит к тому, что некоторые предприятия действительно становятся инновационными, а некоторые, несмотря на формируемые благоприятные условия создания инноваций, остаются на прежнем уровне экономического развития. Это связано с имеющимися условиями для реализации инновации на предприятии и качеством работы менеджеров инноваций по созданию внутренней среды для реализации инновационного процесса.

Мы выделяем следующие основные группы методов активизации инноваций, которые находятся в руках у менеджеров инноваций: экономические, организационно-технические, социально-управленческие методы.

Методы экономического характера направлены на создание благоприятных условий реализации как основной производственной деятельности, так и деятельности инновационной, в частности:

- достижение параметров финансовой устойчивости предприятия, позволяющих осуществлять инвестиционную деятельность по инновационным направлениям, обладающим определенным уровнем риска;
- формирование финансовых резервов для реализации инновационных процессов на предприятии;
- развитие отношений с кредитными организациями, создание благоприятной кредитной истории.

Важной составляющей для достижения целей инновационного развития предприятия является формирование необходимой инфраструктуры. Среди технико-технологических методов активизации инновационных мы можем выделить:

- обновление техники и оборудования на предприятии в соответствии с современными требованиями рынка;

- создание или развитие базы для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на предприятии;

- поддержание на современном уровне компьютерного и программного обеспечения деятельности предприятия;

- внедрение и использование систем эффективного информационного взаимодействия между подразделениями предприятия и его партнерами;

- совершенствование системы оценки качества выпускаемой продукции на предприятии.

Для достижения максимально благоприятных условий реализации инновационного процесса требуется использование методов социально-управленческого характера, а именно:

- изменение системы оплаты и мотивации труда на предприятии с целью построения эффективной системы поощрения инновационной деятельности на предприятии;

- использование эффективных инструментов отбора кандидатов при наборе на вакантные должности предприятия;

- организация системы обучения и роста квалификации работников предприятия;

- обучение менеджмента предприятия основам и механизмам организации инновационной деятельности хозяйствующего субъекта;

- проведение культурно-воспитательной работы с персоналом компании, направленной на формирование позитивного восприятия появления инновационных процессов на предприятии.

Выводы. Изученные факторы и методы активизации инновационных процессов позволяют сформировать теоретическую базу для проведения работы по формированию методических и практических рекомендаций в сфере активизации инновационных процессов.

В то же время, для решения задач инновационного развития конкретного предприятия или отрасли необходимо проведение подробного комплексного анализа их финансово-хозяйственной деятельности и экономического состояния. Необходимо исследовать взаимосвязь экономического состояния отрасли и протекающих глобальных и инновационных процессов в мировой экономике, а также изучить «самочувствие» отдельно взятого хозяйствующего субъекта в данных условиях.

По результатам данных исследований и анализа возможна разработка соответствующих программ, направленных на развитие инновационной деятельности, а также методик оценки эффективности методов, направляемых на акти-

визацию инновационных процессов, формирование предложений по качественным и количественным изменениям параметров исследуемой отрасли в современных условиях с целью удержания конкурентоспособных позиций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будущее машиностроения России. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 471 с.

2. Современные наукоемкие технологии, оборудование и инструменты в машиностроении (МТЕТ-2014). СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 467 с.

3. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А. Оценка эффективности и моделирование интеграционных подходов к активизации инновационной деятельности предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 9 (90).

4. Варичев А.С., Кретов С.И., Исмагилов Р.И., Батдиев Б.П., Владимиров Д.Я. Комплексный подход к интеллектуальным системам управления горным производством // 2016. № 3 (127). С. 4–10.

5. Селиверстов Ю.И. Институциональные проблемы обеспечения конкурентоспособности России в инновационной сфере // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2015. № 4 (80). С. 38–45.

6. Федин К.И., Красилов А.Н. Приумножение энергии в глобальных масштабах. Производство для энергетики // Автоматизация и информационные технологии в энергетике. 2016. № 10. С. 34–39.

7. Ананьев О.В. Модернизация газораспределительных станций и введение новых технологий в процесс газоснабжения / Инновации в строительстве и промышленности. 2016. № 9 (11). [Электронный ресурс]. URL: <http://spdopusk.ru/vypusk-9-11-aprel-2016> (дата обращения 31.08.2016)

8. Инновации в строительстве. – С-Пб.: АНОДПО «Институт современных специальностей». 2015. [Электронный ресурс]. URL: <http://insstroy.ru/biblioteka/> (дата обращения 26.09.2016)

9. Федотова А.А. Альтернативные источники энергии в строительстве. / Инновации в строительстве и промышленности. 2016. № 1 (3). [Электронный ресурс]. URL: <http://spdopusk.ru/vypusk-3-3-yanvar-2016> (дата обращения 31.08.2016)

10. Четыре инновации в энергетике, которые изменят мир. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/55584?page=2> (дата обращения 25.09.2016)

Seliverstov Yu.I., Vatulin A.E.

RESEARCH OF FACTORS AND METHODS OF ACTIVIZATION OF INNOVATIVE PROCESSES

Activization of innovative activity is currently the major challenge both to specific enterprises and industries mechanical, engineering, energy and to the country's economy as a whole. In the article the factors influencing the innovative activity are considered. The author's approach to the development of methods of activization of innovative processes is offered.

Key words: innovations, innovative activity, mechanical, engineering, energy, activization, factors, methods, state.

Селиверстов Юрий Иванович, доктор экономических наук, профессор.

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

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

E-mail: urisel@mail.ru

Ватулин Андрей Евгеньевич, аспирант.

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

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

E-mail: urisel@mail.ru

Шилькова В.В., канд. экон. наук, доц.,
Никифорова Е.П., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

verashilkova@mail.ru

В статье представлены результаты анализа ресурсного обеспечения инвестиций в оценочном формате интересов инновационного развития отечественной экономики. Выявлен ряд тенденций, характеризующих нарастающую поляризацию интересов Российской экономики и иностранных инвесторов по сферам и объектам вложения инвестиций. Обоснована необходимость изменения приоритетов в выборе источников ресурсного обеспечения и определены возможности инновационного развития страны с опорой на собственные источники развития.

Ключевые слова: инновационное развитие, инвестиции, внешние и внутренние источники инвестиций, кредитно-денежная политика.

Введение. Российская экономика, не сумев преодолеть за период 2011–2014 гг. рецессионный тренд развития, в 2015 году вошла в фазу экономического кризиса, показав снижение объема ВВП на 3,7 % [1]. Причины такой макроэкономической динамики многообразны и по своему системному местоположению, по мнению отечественных исследователей, носят как эндогенный, так и экзогенный характер [2, 3, 4]. При этом последние, в состав которых, прежде всего, включается режим ограничительных санкций в отношении России, не только сами непосредственно определяют нежелательную динамику многих макроэкономических процессов, но и дополнительно мультиплицируют негативные эффекты, порождаемые внутрисистемными (эндогенными) факторами. В условиях такой неблагоприятной внешней среды, в научном сообществе активизировалось исследование вопросов ресурсного обеспечения провозглашенных государством стратегических программ, нацеленных на переход экономики России к инновационной социально-ориентированной модели развития [5, 6], а применительно к инвестиционным ресурсам, исследовательский интерес все заметнее стал концентрироваться на поиске источников средств в контуре «внутренних возможностей» Российской экономики [7, 8, 9 и др.]. Данный аспект инвестиционно-инновационной проблематики в условиях текущих глобальных экономических вызовов для России стал не только вопросом осуществимости перехода к модели инновационного развития, но и вопросом обеспечения экономической безопасности страны и сохранения ее субъектности в геополитическом пространстве.

Основная часть. Отправной точкой системного обоснования неэффективности «рыночного саморегулирования» инвестиционных процессов и необходимости государственного

регулирующего воздействия на инвестиции в современном экономическом знании является концепция Дж. М. Кейнса. В своей макроэкономической теории Дж. Кейнс возвел инвестиции в ранг ключевого фактора экономического роста, определив их наиболее динамичным компонентом «эффективного спроса»; а также компонентом, обладающим мультипликативным эффектом воздействия на динамику национального производства и занятости [10]. Доказав, что инвестиции определяют общую траекторию развития макроэкономики (включая кризисные этапы) и, что механизм «свободного рынка» не формирует автоматически равенства между инвестициями и сбережениями, Дж. Кейнс определил инвестиции в качестве основного объекта целевого государственного регулирования и «поставил на повестку экономической политики проблему стимулирования инвестиций» [11].

Данные постулаты кейнсианской теории, будучи революционными для экономической науки первой трети XX века, сохранили свою актуальность и столетие спустя. Новые факторы и глобальные изменения в современной экономике, определив отчасти смещение приоритетов в системе производительных факторов в сторону человеческих ресурсов [12], не снизили градус актуальности инвестиционной теории Кейнса (уточним, что кейнсианская теория рассматривает капиталобразующие инвестиции). Большой научный интерес к инвестиционной проблематике и значение, которое придают правительства большинства стран инвестиционной политике (особенно в кризисные периоды), позволяют современным исследователям даже утверждать, что «кейнсианство и есть *действительный мейнстрим* (*really mainstream, the actual validly mainstream*) современной экономики» [11].

Вполне закономерно, что в общем контуре инвестиционной проблематики в эпоху глобализации экономики, возникают новые вопросы. И среди них, большое значение приобретает вопрос о роли и значимости иностранных инвестиций в развитии экономик стран – реципиентов. Принимая во внимание сложившиеся геополитические и экономические вызовы для России, этот вопрос напрямую связан с оценкой степени влияния иностранных инвестиций на неблагоприятную траекторию ее экономического развития, а также с оценкой внутренних возможностей Российской экономики самостоятельно генерировать инвестиционные ресурсы в объемах, необходимых и достаточных для реализации инновационно-инвестиционных программ.

Для ответа на поставленные вопросы обратимся к данным официальной статистики (см. табл.1). Цифры по капиталобразующим инвестициям (инвестициям в основной капитал) в российскую экономику за 2011–2015 гг. отражают динамику увеличения их общего объема в фактически действовавших ценах с 11035,7

млрд. руб. в 2011 г. до 14555,9 млрд. руб. в 2015 г. Но характерным для данного периода является тренд замедления темпа их роста со 120,6 % в 2011 г. до 104,7 % в 2015 г., а в сопоставимых ценах динамика показала сокращение объема инвестиций на 1,5 % в 2014 г. и на 8,4 % в 2015 г. Еще более негативно выглядит ситуация по капиталобразующим инвестициям в разрезе видов основных фондов. По инвестициям в активную, производительную часть основного капитала (в машины, оборудование, транспортные средства) даже в оценке фактически действовавших цен потенциал роста (хоть и замедляющегося) был исчерпан уже в 2013 году, когда объем данных инвестиций составил 5212,8 млрд. руб. против 4185,6 млрд. руб. за 2011 год. В 2014–2015 гг. статистика фиксировала ежегодное сокращение объема производительных инвестиций (до 5052,0 млрд. руб. в 2014 г. и 5051,5 млрд. руб. в 2015 г.) и к 2015 г. их доля в общем объеме капиталобразующих инвестиций достигла минимума за весь пятилетний период (34,7 %).

Таблица 1

Инвестиции в основной капитал в РФ по видам основных фондов [составлено по данным источника 13]

Наименование	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
миллиардов рублей					
Инвестиции в основной капитал (в фактически действовавших ценах), всего	11035,7	12586,1	13450,2	13902,6	14555,9
в % к предыдущему году в сопоставимых ценах	110,8	106,8	100,8	98,5	91,6
в том числе по видам основных фондов (в фактически действовавших ценах)					
- в жилища	1395,6	1533,7	1681,5	2014,4	2188,8
- в здания (кроме жилых) и сооружения	4776,8	5560,2	5582,7	5665,3	6027,8
- в машины, оборудование, транспортные средства	4185,6	4731,6	5212,8	5052,0	5051,5
- прочие	677,7	760,6	973,2	1170,9	1287,8
в процентах к итогу					
Инвестиции в основной капитал-всего	100	100	100	100,0	100,0
в том числе:					
- в жилища	12,7	12,2	12,5	14,5	15,0
- в здания (кроме жилых) и сооружения	43,3	44,2	41,5	40,8	41,4
- в машины, оборудование, транспортные средства	37,9	37,6	38,8	36,3	34,7
- прочие	6,1	6,0	7,2	8,4	8,9

В рамках такой неблагоприятной инвестиционной картины, в формате нашего исследования интерес представляет оценка структуры ка-

питалообразующих инвестиций с учетом формы их собственности (см. табл. 2).

Таблица 2

Структура инвестиций в основной капитал по формам собственности, в % к итогу [13]

Наименование	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Инвестиции в основной капитал, всего, в %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
в том числе:					
- российская собственность	87,8	84,5	85,8	86,1	86,3
- иностранная собственность	6,0	9,1	7,7	7,0	7,3
- совместная российская и иностранная собственность	6,2	6,4	6,5	6,9	6,4

Данные статистики демонстрируют картину устойчивого доминирования отечественных инвестиций по сравнению с иностранными. А цифры по инвестициям с иностранной собственностью свидетельствуют о том, что даже в период относительно благоприятной среды внешнего окружения, при отсутствии режима санкций, степень участия иностранных инвесторов в капиталобразующих инвестициях не поднималась выше 9,1 % (в 2012 году). К 2015 году уровень иностранных инвестиций снизился до 7,3 % и даже учет вложений по совместной форме собственности (плюс 6,4 %) не меняет общей картины.

На фоне такого скромного участия иностранных инвесторов в отечественной экономике заслуживает внимания оценка степени соответствия интересов иностранных инвесторов российским интересам в формате желаемого инновационного развития отечественной экономики. Потенциал инновационного развития экономики формируется прежде всего прямыми инвестициями, которые можно рассматривать как форму участия иностранного капитала в реализации инвестиционных проектов на территории государства-реципиента инвестиций. Гораздо меньшее значение для инновационного развития экономики имеют портфельные и прочие инвестиции. Однако, структура иностранных инвестиций по РФ показывает явное доминирование «прочих» инвестиций, представленных банковскими вкладами, торговыми и прочими кредитами (89,9 % в 2011 г.; 84 % в 2013 г.) [15]. А доля прямых иностранных инвестиций с небольшими отклонениями весь период находилась на уровне 15 %, из них прямые инвестиции в основной капитал составляли около 6 % [15].

Это говорит о том, что реальный сектор экономики и основной капитал не являются доминирующими объектами притяжения иностранных инвестиций. Иностранные инвесторы не жалуют своим вниманием отрасли обрабатывающей промышленности, а тем более наукоемкие и высокотехнологичные сектора. Иностранные инвесторы, мотивируясь получением максимальной прибыли в короткие сроки, направляют свои капиталы преимущественно в высокодоходные и сверхрентабельные сектора российской экономики, такие как нефтегазовый и энергетический, финансовый, в сектор оптовой и розничной торговли. В то время как интересы построения инновационной экономики России требуют направления инвестиций в отрасли, выпускающие продукцию «высокого передела», продукцию с высокой долей добавленной стоимости, в том числе с высокой долей наукоемкой добавленной стоимости. Это позволяет сделать вывод о бесперспективности основной ставки на иностранные инвестиции как локомотив модернизационных преобразований в Российской экономике на пути ее перехода к инновационной модели развития.

В общем контексте анализа значимости иностранных инвестиций в Российской экономике, на наш взгляд есть еще один довольно значимый оценочный ракурс. Он касается роли Российской экономики в общем движении прямых инвестиций и напрямую связан с вопросом о ее способности/неспособности самостоятельно генерировать инвестиционные ресурсы в объемах, необходимых для стабильного роста и инновационного развития (см. табл. 3).

Таблица 3

**Приток и отток прямых инвестиций по экономике России (миллионов долларов США)
[составлено по данным источника 15]**

Наименование	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в Россию, всего	55084	50588	69219	22857
Отток прямых инвестиций (ПИИ) из России, всего	66851	48822	86507	56389
Сальдо притока (+) /оттока (-) прямых иностранных инвестиций	-11767	+1766	-17288	-33532

Сравнение данных по общему объему притока и оттока прямых инвестиций по Российской экономике и сальдо этих процессов позволяет оценить Российскую экономику как «инвестиционного донора» в период 2011 – 2014 гг. (за небольшим исключением 2012 г.). Масштабы этого «инвестиционного донорства» (превышения оттока прямых инвестиций из экономики над притоком) впечатляюще возросли к 2014

году достигнув суммы в 33,5 млрд. долл. Это в три раза больше по сравнению с 2011 годом (!). Цифры показывают, что, чистое инвестиционное донорство России в 2014 году в 1,5 раза превысило весь объем прямых иностранных инвестиций, поступивших в Российскую экономику.

Дополнительным аргументом в характеристике Российской экономики как инвестиционного донора являются данные по основным

странам-инвесторам, направлявшим прямые иностранные инвестиции в Российскую эконо-

мику в 2011 – 2014 гг. (см. табл. 4).

Таблица 4

Прямые иностранные инвестиции в экономику России по основным странам-инвесторам (по методологии платежного баланса Российской Федерации, миллионов долларов США) [15]

Наименование	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Прямые иностранные инвестиции в Россию, всего	55084	50588	69219	22857
в том числе приток ПИИ из стран:				
Кипр	12999	1985	8266	5874
Багамы	1829	2111	2791	3764
Виргинские острова (Брит.)	7225	2475	9379	2542
Швейцария	741	401	1086	2472
Франция	1107	1232	2121	2082
Китай	126	450	597	1271
Нидерланды	7383	10330	5716	1239
Австрия	1563	1135	-326	840
США	276	285	485	708
Бермуды	594	-320	404	535

По перечню стран видно, что большая часть прямых иностранных инвестиций (ПИИ) поступила в Россию из оффшорных территорий. Так суммарная величина ПИИ, поступивших в Россию из Кипра, Багам и Виргинских островов составила 40 % от всех ПИИ в 2011 году и 53,3 % в 2014 году. По этой информации, логично предположить, что источником происхождения большей части прямых иностранных инвестиций является стоимость, созданная в российской экономике, которая впоследствии всего лишь трансформировалась в иностранные инвестиции через инфраструктуру оффшорных территорий и была реинвестирована в отечественную экономику (в форме прямых иностранных инвестиций).

Полученные результаты анализа, на наш взгляд, можно признать убедительными аргументами в пользу признания «дееспособности» российской экономики самостоятельно генерировать инвестиционные ресурсы в объемах, достаточных для освоения инновационной модели расширенного воспроизводства. По данному вопросу мы разделяем мнение тех авторов, кто характеризуя инвестиционные процессы в России, утверждает, что «...инвестиционный процесс в современной России не только не способствует ее собственному развитию, но усугубляет ее текущее положение за счет все большего внешнего изъятия ее внутреннего достояния» [16]. Одновременно с этим, полученные выводы мы рассматриваем как доказательный контраргумент для тех, кто до сих пор утверждает, что «в современных условиях невозможно осуществить реформирование экономики и ее реструктурирование без внешних источников финансирования - иностранных инвестиций, опи-

раясь только на внутренние» [17, с.24]. В таких суждениях мы усматриваем неоправданное преувеличение роли иностранных инвестиций и недооценку возможностей российской экономики в части формирования и эффективного распределения (перераспределения) инвестиционных ресурсов.

Опираясь на выводы, полученные из анализа фактов, зафиксированных статистическим учетом, полагаем, что Российская экономика вполне способна даже в текущем состоянии ее ресурсного потенциала и используемых факторов производства, самостоятельно формировать инвестиционные ресурсы, поэтому на уровне разработки стратегической концепции по макроэкономической динамике, необходима смена акцентов по ресурсному обеспечению с их переносом на внутренние источники.

Основным субъектом инновационных преобразований в экономике выступают предприятия и организации реального сектора, которые формируют объемы спроса на инвестиционные ресурсы, задавая тем самым темпы макроэкономической динамики. Хорошо известно, что основными источниками инвестиций для предприятий являются собственные и привлеченные средства, включающие в свой состав заемные средства.

К сожалению, в последние годы для российских предприятий сложилась ситуация, которую можно описать исключительно в категориях дефицита как собственных, так и заемных средств, необходимых для финансирования их модернизационных проектов. Это является одной из главных причин слабой инновационно-инвестиционной активности предприятий. На это указывают не только многие авторы в своих

исследованиях [7, 8, 9 и др.], но и сами предста-

вители отечественного бизнеса (см. табл. 5).

Таблица 5

Распределение организаций по оценке факторов, ограничивающих инвестиционную деятельность (по материалам выборочных обследований инвестиционной активности организаций; в % от общего числа организаций) [15]

Факторы, ограничивающие инвестиционную деятельность	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Недостаточный спрос на продукцию	19	19	19	21	23
Недостаток собственных финансовых средств	67	60	64	59	60
Высокий процент коммерческого кредита	31	25	25	27	29
Сложный механизм получения кредитов для реализации инвестиционных проектов	15	14	13	14	16
Инвестиционные риски	23	27	27	27	30
Неудовлетворительное состояние технической базы	5	6	7	8	7
Низкая прибыльность инвестиций в основной капитал	11	11	10	13	13
Неопределенность экономической ситуации в стране	32	31	26	26	34
Несовершенная нормативно-правовая база, регулирующая инвестиционные процессы	10	10	11	9	11

Особо обратим внимание на парадоксальность ситуации, сложившейся в российской экономике, когда причиной дефицита и заемных и собственных средств предприятий стал один и тот же фактор – высокая цена кредитных ресурсов. Именно она порождает не только труднодоступность заемных средств, что вполне логично (и что отмечают 29%, то есть каждый третий из опрошенных представителей бизнеса), но и формирует недостаток собственных финансовых средств (на это указывает 60% опрошенных). Объяснение этого отечественного феномена достаточно простое. Запредельно высокие ставки по банковским кредитам, которые предприятия вынуждены привлекать для финансирования не только инвестиционных проектов, но и текущих оборотных активов, увеличивают их расходы, уменьшая прибыль и снижая показатели рентабельности бизнеса. С учетом этих обстоятельств, считаем, что не стоит возлагать всю полноту ответственности за низкоэффективное ведение бизнеса и недостаток прибыли исключительно на менеджмент отечественных предприятий. В отечественной экономике уже довольно длительное время сохраняется ситуация, в которой дорогие заемные средства, не только не помогают отечественным предприятиям в формировании их ресурсной инвестиционной базы, но, напротив, забирают у предприятий большую часть их прибыли, созданной в хозяйственном обороте.

Можно доказательно утверждать, что сегодня в российской экономике мы наблюдаем серьезную функциональную деформацию кредита, который из механизма трансформации временно свободных денежных средств в функционирующий капитал превратился преимущественно в механизм перераспределения доходов, создан-

ных в реальном секторе экономики в пользу банковского сектора. И масштабы этого перераспределения можно без преувеличения назвать «грабительскими», глядя на финансовые итоги деятельности банковского сектора России. По официальным данным Центрального Банка РФ в 2012 г. чистая прибыль действующих кредитных организаций РФ достигла рекордной величины за всю историю развития банковского бизнеса в России, превысив 1 трлн.руб. (1012 млрд. руб.) [18]. В последующие 2013-2015 гг. суммы полученной прибыли были меньше (994,0 млрд. руб. в 2013 г.; 589 млрд. руб. в 2014 г. и скромные 192 млрд. в 2015 г.). Но, как отмечает сам ЦБ РФ в своих «Отчетах о развитии банковского сектора и банковского надзора в РФ», основным фактором снижения прибыли банков в данный период является «увеличение объемов формируемых банками резервов на возможные потери в связи с существенным ростом кредитного и процентного рисков» [18]. Суммы этих резервов с 2012 по 2015 гг. возросли в 11 раз (!), с 122 млрд. руб. в 2012 г. до 411 млрд. руб. в 2013 г., до 1202 млрд. руб. в 2014 г. и до 1352 млрд. руб. в 2015 г. [18] Легко подсчитать, что с учетом этих резервов (которые можно считать «скрытой прибылью банков») финансовый результат банковского сектора имеет совсем иную динамику за 2012-2015гг., по итогам 2015 г. его величина достигла 1,5 трлн. руб. (1544 млрд. руб.) [18]. К приведенным фактам добавим, что в составе факторов, формирующих прибыль банков, на протяжении всего периода доминирует чистый процентный доход. Следовательно, именно кредит стал инструментом колоссального обогащения банковского сектора, которое продолжается на фоне рецессии отечественной экономики. И это происходит не за

счет повышения активности банковского кредитования (доля кредитов российских банков в инвестициях в основной капитал в 2012 г. составила всего 7,2 %; в 2013 г. – 8,9 %; в 2014 г. – 8 %, в 2015 г. – 6,4 %) [15], а в основном за счет «дороговизны» банковского ссудного капитала. Можно констатировать, что кредит на данном этапе не только не является механизмом роста отечественной экономики, но превратился, по сути, в механизм ее торможения, увеличивая ежегодно масштабы перераспределения национального дохода, создаваемого в реальном секторе экономики, в пользу коммерческих банков, сокращая тем самым, собственные ресурсные возможности отечественных предприятий в финансировании инновационно-инвестиционных программ.

Вывод. Российская экономика потенциально располагает достаточными внутренними ресурсными возможностями для финансирования инвестиционно - инновационных преобразований. Однако, экономическая политика «дорогих денег», реализуемая ЦБ РФ в рамках стратегии таргетирования инфляции, не только закрывает доступ отечественным предприятиям к заемным средствам, но и формирует у них дефицит собственных средств, необходимых для развития. Результатом такой многолетней практики стала трансформация функций кредита, который из механизма экономического роста превратился в механизм масштабного перераспределения дохода, создаваемого реальным сектором экономики, в пользу банковского сектора. Для развития национальной экономики с опорой на внутренние источники роста, необходима смена общего курса в государственной кредитно-денежной политике, проводимой Центральным Банком страны. Изменения, на наш взгляд, должны произойти и в целевой ориентации кредитно-денежной политики, и в части применяемых инструментов ее реализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Национальные счета. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/vvp-god/tab2.htm (дата обращения 22.07.2016).
2. Дорошенко Ю. А., Сомина И. В., Ханов А. А. Проблемы и пути повышения инвестиционной привлекательности России // Белгородский экономический вестник. 2015. №1(77). С. 3–8.
3. Стратегия инвестиционно - инновационного развития России в условиях глобальных экономических вызовов; под ред. Ю. А. Дорошенко. Белгород: Издательство БГТУ, 2015. 209 с.
4. Сидорин М.Ю. Экономические санкции как предпосылка формирования нового инновационно-инвестиционного технологического уклада // Белгородский экономический вестник. 2015. №4 (80). С. 79–84.
5. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/593305> (дата обращения 25.07.2016).
6. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_123444/2f806c88991ebbad43cdaa1c63c2501dc94c14af/ (дата обращения 25.07.2016).
7. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Моисеев В.В. Актуальные проблемы инвестиций и инноваций в современной России: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 295 с.
8. Инвестиции и инновации в реальном секторе российской экономики: реалии и перспективы; Е. Б. Тютюкина, А. Н. Литвинов, А.Н. и др. Москва: Изд-во «Дашков и К», 2014. 221с.
9. Никифорова Е.П., Шилькова В.В. Смена целевых ориентиров государственной кредитно-денежной политики как необходимое условие реализации стратегии инновационного развития России. В кн.: Стратегия инвестиционно - инновационного развития России в условиях глобальных экономических вызовов; под ред. Ю. А. Дорошенко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 111–126.
10. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. М.: Гелиос АРВ, 2002. 352 с.
11. Ковнир В. Н., Погребинская Е. А. Актуальность теории Кейнса в XXI веке // Социально-экономические процессы и явления. 2016. Т.11. №4. С. 34–44.
12. Человек в инновационной экономике; под ред. проф. Е. Н. Чижовой. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 393с.
13. Инвестиции в нефинансовые активы: Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/investment/nonfinancial/# (дата обращения 05.09.2016).
14. Росстат с 2014 года прекращает публиковать данные по иностранным инвестициям в Россию. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.banki.ru/news/lenta/?id=6210332> (дата обращения 25.08.2016).

15. Инвестиции в России. Статистический сборник. 2015. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/_2015/invest.pdf. (дата обращения 10.09.2016).

16. Захаров В.К., Голикова Е.И. Иностранные инвестиции в экономике России // Экономический журнал. 2012. Т.1. № 25. С. 21–27.

17. Зеленская С.Г., Преображенский Б. Г. Формирование механизма привлечения иностранных инвестиций в Российскую экономику

(макроэкономический парадокс российского механизма привлечения иностранных инвестиций) // Регион: системы, экономика, управление. 2012. №2. С. 24–40.

18. Отчеты о развитии банковского сектора и банковского надзора за 2012–2015 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbr.ru/publ/?PrId=nadzor> (дата обращения 20. 09.2016).

Shilkova V.V., Nikiforova E.P.

RESOURCING ENSURENCE OF THE STRATEGY OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY

This article presents the results of the analysis of investment resourceof evaluation format of the innovation development interests of the domestic economy. It is identified a number of trends in the growing polarization of interests of the Russian economy and foreign investors and investment objects. It is proved the necessity of changing priorities in choosing sources of resources and identified possibilities for innovative development of the country based on their own sources of development.

Key words: innovation, investment, external and internal sources of investment, monetary policy.

Шилькова Вера Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры теории и методологии науки. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: verashilkova@mail.ru

Никифорова Евгения Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры стратегического управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: ewnik@mail.ru

*Габибов М.А., д-р с.-х. наук, проф.,
Махмудов М.Н., канд. физ.-мат. наук, доц.,
Отто В.С., канд. экон. наук, доц.,
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина
Павлова К.М., аспирант*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИБЫЛИ В СФЕРЕ КРУПНОГО БИЗНЕСА

m.mahmudov@rsu.edu.ru

Статья посвящена факторному анализу прибыли в сфере крупного бизнеса. Объектом исследования является среднестатистическое предприятие крупного бизнеса.

Ключевые слова: финансы, прибыль, фактор, продукция.

Основным инструментом косвенного воздействия на общественное производство являются финансы, которые влияют на все стороны общественной жизни населения – это через материальные блага, которые создаются непосредственно институциональными единицами. В свою очередь институциональными единицами являются хозяйствующие субъекты, которые имеют свои активы. Финансы для предпринимательства – это совокупность денежных отношений в процессе которых осуществляется формирование и эффективное использование денежных средств для осуществления своих экономических задач. Конечным результатом предпринимательства является получение прибыли, которая служит ему источником для дальнейшего процветания [1].

В условиях рыночных отношений основой процветания предприятия служит его финансовая устойчивость вследствие получения прибыли, так как в этом случае на предприятии создается такое состояние финансовых ресурсов, при котором оно может свободно маневрировать денежными средствами. При таком маневрировании можно эффективно обеспечить бесперебойный процесс производства и реализации продукции и вследствие этого можно вести расширенное воспроизводство [2].

Основным положительным финансовым результатом является – прибыль и в связи с этим деятельность коммерческих организаций являются финансовым отражением и индикатором этого прироста. В разных вариантах расчета прибыли от реализаций анализируемой коммерческой организации используются соответствующие им показатели, которые рассматриваются как факторы изменения этой прибыли. Алгоритмы расчета влияния факторов и их смысловая интерпретация предопределяются конкретикой управленческих задач по центрам

ответственности повышения деловой активности [3, 4, 5].

Целью данной публикации является факторный анализ прибыли в сфере крупного бизнеса. Нами выбран факторный анализ прибыли вследствие того, что это позволяет выявить и сопоставить слабые и сильные стороны предприятия крупного капитала.

Объектом нашего исследования является среднестатистическое предприятие крупного бизнеса. Целью любой деятельности всех коммерческих предприятий является извлечение прибыли и занимается разработкой, производством и реализацией товаров.

Прибыль как один из основных финансовых показателей является неотъемлемой частью деятельности любого коммерческого предприятия которая формирует основной финансовый документ любой страны через систему налогообложения. Чем выше прибыль и уровень рентабельности, тем больше пополняется основной финансовый документ страны и, следовательно, более устойчивое финансовое состояние предприятия [6]. В связи с выше изложенным немаловажное значение имеет анализ прибыли предприятия. На прибыль как малого так и крупного предприятия большую роль оказывают внешние и внутренние факторы среды.

Основными внешними факторами, с которыми связаны предприятия, являются политические, социально-экономические, технологические и природные [7]. Данные факторы внешней среды предприятие не всегда может самостоятельно формировать и влиять на них, так как они находятся вне компетенции институциональной единицы. Данные факторы зависят от политической воли государства и общественно-политической обстановки, а также научно-технического прогресса.

Основные внутренние факторы среды можно регулировать на уровне институциональных единиц, так как они

непосредственно связаны с умелым ведением финансового менеджмента. Данный методический подход к исследованию внутренних факторов, влияющих на воспроизводство основных средств, которые непосредственно связаны с получением прибыли, позволит при принятии управленческих решений учесть их роль и характер влияния для более эффективного осуществления данного процесса [8].

В современных условиях экономические субъекты сталкиваются с действием множества разнообразных факторов [9, 10]. При этом немаловажную роль при изучении прибыли занимает факторный анализ прибыли предприятия. Факторный анализ прибыли для предприятия заключается в выявлении различных факторов таких как объем реализации, структура продукции, отпускные цены на реализованную продукцию, цен на сырье, уровня материальных затрат и трудовых ресурсов и другие, оказывающие влияние на размер прибыли. В этом случае чем эффективнее работают предприятия, тем и устойчивее финансовое состояние институциональных единиц. Таким образом, в процессе производства продукции происходит движение ресурсов (активов) из одной формы в результате их списания где они превращаются сначала в затраты (издержки) производства, а затем в готовую продукцию или происходит просто рекапитализация ресурсов [11].

Для выявления количественных влияний различных факторов внутренней среды предприятия на результативный показатель можно также использовать методы факторного анализа. Расчеты, производимые при помощи факторного анализа, помогут предприятию найти определенные пути, чтобы изменить ситуацию в пользу институциональной единицы.

Перейдем к конкретным действиям по расчету факторного анализа прибыли среднестатистического предприятия в сфере крупного бизнеса.

Во-первых, рассчитаем общее изменение прибыли институциональной единицы от реализации продукции, так как многие организации не имеют достаточных средств чтобы материализовать свои финансовые возможности [12, 13, 14]. В этом случае расчет производится путем разницы прибыли отчетного года и прибыли базисного года:

$$\Delta\Pi = 65434797 - 61043830 = 4390967 \text{ тыс. руб.}$$

Во-вторых, определим изменение в объеме продукции, которая связана с собственно

объемом продукции в оценке по базовой себестоимости. В этом случае базовая себестоимость учитывается как плановая себестоимость, так как предприятие всегда является своеобразным полигоном для институциональных и экономических преобразований [15].

Для этого определим коэффициент роста объема реализации продукции путем отношения фактической себестоимости реализованной продукции отчетного года в ценах и тарифах базисного периода к себестоимости базисного года:

$$K_1 = 30382540 / 20193035 = 1,50,$$

а затем рассчитаем изменение в объеме продукции:

$$\Delta\Pi_2 = 35973318 * (1,50 - 1) = 17986659 \text{ тыс. руб.}$$

В третьих, определим влияние на прибыль от снижения в зависимости от себестоимости продукции путем разницы фактической себестоимости реализованной продукции за отчетный год в ценах и тарифах базисного периода и фактической себестоимости реализованной продукции базисного года:

$$\Delta\Pi_3 = 30382540 - 20193035 = 10189505 \text{ тыс. руб.}$$

Немаловажную роль в факторном анализе имеет изменение себестоимости – это когда происходят структурные перестройки в составе и качестве продукции. В четвертых определим изменение себестоимости за счет структурных сдвигов в составе продукции:

$$\Delta\Pi_4 = 20193035 \times 1,50 - 30382540 = -92987,5$$

Таким образом, сумма факторных отклонений по методике расчета основных финансовых показателей институциональной единицы в сфере крупного бизнеса представляет собой общее изменение прибыли от реализации за отчетный год и выражается:

$$\Delta\Pi = 4390967 + 17986659 + 10189505 + (-92987,5) = 32474143,5 \text{ тыс. руб.}$$

В связи с выше изложенными расчетами, приводим данные о влиянии факторов на изменение прибыли от реализации продукции в отчетном году в крупной институциональной единице по сравнению с базисным годом в таблице 1.

Данные расчетов факторного анализа показателя прибыли институциональной единицы в сфере крупного бизнеса показывают, что прибыль от реализации продукции за отчетный год увеличивается на 32474143,5 тыс. руб.

Немаловажную роль в системе финансовых показателей имеют и коэффициенты, которые отражают реальную действительность изменения определенных видов деятельности, например в сфере обращения. Для производства и сферы обращения таким коэффициентом

является показатель изменения валовых продаж (K_2), который рассчитывается как изменения объема валовых продаж текущего года по отношению к объему валовых продаж базисного года, выраженная в процентах:

$$K_2 = (65434797 - 61043830) / 61043830 * 100\% = 4390967 / 61043830 * 100\% = 7,2\%$$

Таблица 1

Результаты факторного анализа прибыли в институциональной единице в сфере крупного бизнеса

Факторы, вызывающие изменение прибыли в текущем периоде	Сумма, тыс. руб.
Изменение прибыли от реализации продукции	4390967
Изменение объема продукции	17986659
Изменение структуры продаж	10189505
Изменение себестоимости за счет структурных сдвигов в составе продукции	- 92987,5
Итого	32474143,5

Данный коэффициент показывает, что объем валовых продаж в отчетном году увеличивается, по сравнению с базисным годом, на 7,2%. Это показывает, что выручка от реализации продукции (работ, услуг) покрывает затраты на ее производство и таким образом улучшает финансовое состояние предприятия.

В непосредственной связи с выше указанным коэффициентом находится и коэффициент чистой прибыли (прибыльность продаж) (K_3). В связи с этим рассчитаем данный коэффициент за пятилетний период как отношение чистой прибыли к выручке от реализации, выраженный в процентах:

$$1 \text{ год: } K_3 = 22630427 / 61043830 * 100\% = 37,07 \%$$

$$2 \text{ год: } K_3 = 40063605 / 85407856 * 100\% = 46,90 \%$$

$$3 \text{ год: } K_3 = 25567955 / 67731850 * 100\% = 37,75 \%$$

$$4 \text{ год: } K_3 = 19813266 / 68826706 * 100\% = 28,79 \%$$

$$5 \text{ год: } K_3 = 75085434 / 65434797 * 100\% = 114,75 \%$$

Данный показатель значительно увеличивается к пятому году и означает, что прибыльность продаж повышается на 77,68 %.

Таким образом, обобщив результаты факторного анализа прибыли в среднестатистическом крупном предприятии стало видно, что фактический прирост прибыли по сравнению с базисным годом в размере 32474143,5 тыс. руб. образовывается благодаря изменению прибыли от реализации продукции (4390967 тыс. руб.), изменению объема продукции (17986659 тыс. руб.) и изменению структуры продаж (10189505 тыс. руб.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махмудов Н.М., Габибов М.А, Павлова К.М. Анализ финансовой эффективности предпринимательской деятельности в сфере малого бизнеса // Человеческий капитал. 2015. № 10. С. 93–96.
2. Рыбалкина З.М. Экономические аспекты повышения финансовой устойчивости

строительного предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 30. С. 10–19.

3. Фомин В.П., Фомин П.В. Аналитическая составляющая успешного управления финансовыми результатами (практический аспект) // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 36. С. 12–26.

4. Попова Г.Л. Финансово-экономический анализ факторов влияния на развитие регионального бизнеса // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 30. С. 20–30.

5. Никишина О.В. Факторы, влияющие на инвестиционную привлекательность объектов незавершенного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 220–223.

6. Парушина Н.В. Теория и практика оценки эффективности деятельности организации в системе комплексного экономического анализа // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 19. С. 52–56.

7. Габитов М.А., Отто В.С., Габитова К.М. Анализ факторов, влияющих на развитие аграрного сектора // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета. 2014. № 2. С.60–62.

8. Абакумов Р.Г. Исследование факторов, влияющих на воспроизводство основных средств в условиях инновационного развития экономики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 154–158.

9. Слабинская И.А. Современная интерпретация финансовой устойчивости организации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 253–256.

10. Басовский Л.Е. Финансовый менеджмент: Учебник М.: ИНФРА-М, 2009. 240 с.

11. Габитов М.А., Габитова К.М. Учет затрат при агроэкономических способах возделывания озимой пшеницы Аграрная наука. 2013. № 9. С.3–5.

12. Тарасевич Е.И. Ставка дисконтирования в концепции оценки недвижимости // Вопросы оценки. 2000. № 2. С.18–33.

13. Савицкая Г.В. Показатели финансовой эффективности предпринимательской деятельности: обоснование и методика расчета // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 39. С.14–22.

14. Финансы, денежное обращение и кредит: Учебник / Под ред. проф. Н.Ф. Самсонова. М.: ИНФРА-М, 2003. 302 с.

15. Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А. Технологическая модернизация предприятия как фактор повышения его конкурентоспособности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С.186–190.

Gabibov M.A., Mahmudov M.N., Otto M.S., Pavlov K. M.

FACTOR ANALYSIS OF PROFIT IN THE SPHERE OF BIG BUSINESS

The article is devoted to factor analysis of profits in the sphere of big business. The object of study is the enterprise average of large businesses.

Key words: *finance, profits, factor, products.*

Габитов Магомедрасул Абдурашидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры финансово-кредитных отношений.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина.

Адрес: 390000, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46.

E-mail: m.gabibov@rsu.edu.ru

Махмудов Марат Наильевич, кандидат физико-математических наук, доцент, проректор по научной работе.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина.

Адрес: 390000, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46

E-mail: m.mahmudov@rsu.edu.ru

Отто Владимир Станиславович, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансово-кредитных отношений.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина.

Адрес: 390000, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46

E-mail: v.otto@rsu.edu.ru

Павлова Карина Магомедрасуловна, аспирант кафедры финансы и маркетинг.

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева.

Адрес: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1.

e-mail: gabibovava@yandex.ru

Научное издание

«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 10, 2016 г.

Научно-теоретический журнал

Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка А.В. Федоренко
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 10.09.16. Подписано в печать 10.10.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 33,13. Уч.-изд. л. 35,63.

Тираж 1000 экз. Заказ 304. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 336 Лк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

