

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

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

№ 11, 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

Попов Д.Ю., Лесовик В.С., Мещерин В.С. ВЛИЯНИЕ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ НА ПЛАСТИЧЕСКУЮ УСАДКУ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ	6
Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Постникова О.А., Головин С.Н., Боровик Е.Г. СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ДИСПЕРГИРОВАННЫМ ДИОКСИДОМ ТИТАНА В СУТОЧНОМ ВОЗРАСТЕ	13
Булгаков Б.И., Танг Ван Лам, Александрова О.В. ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ САЖИ НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ	18
Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Герасимов А.В. ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	23
Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Соколова О.Н., Бондаренко Д.О., Клименко В.Г. СТЕНОВАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА	27
Загороднюк Л.Х., Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Ерофеева И.В., Магомедов З.Г., Кучерова А.С. СИСТЕМНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА – СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ	31
Строкова В.В., Нелюбова В.В., Боцман Л.Н., Огурцова Ю.Н., Хахалева Е.Н. КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ	36
Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю., Лашина И.В. КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВОГО БЕТОНА	43
Лебедев М.С., Чулкова И.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, НАПОЛНЕННЫХ ЗОЛАМИ-УНОСА РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА	47
Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А., Баженова О.О. ВЛИЯНИЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ БЕТОНА	53
Лесовик Р.В., Агеева М.С., Лесовик Г.А., Богусевич Г.Г., Шаповалов С.М., Сопин Д.М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОПОРИСТОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ	58
Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ	63
Меркулов С.И., Есипов С.М. ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ ФИБРЫ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ	69
Фролов Н.В., Полоз М.А., Колесникова Е.Г. К ВОПРОСУ ОБ ИСПЫТАНИИ СТЕРЖНЕВОЙ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ	74
Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Лейбман Д.М. ОСОБЕННОСТИ ИНЖИНИРИНГОВОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ	79
Лебедев В.М., Беликова Г.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМОКВАНТОВ	84
Пашкова Л.А., Денисова Ю.В. ЭВОЛЮЦИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ	88
Перькова М.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ТЕРРИТОРИИ СУБУРБИИ БЕЛГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ	95
Денисова Ю.В., Коренькова Г.В. К ВОПРОСУ НЕОБХОДИМОСТИ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ	99

Подпоронов Б.Ф., Семенов А.С. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ АППАРАТОВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ	104
Елистратова Ю.В., Семенов А.С. АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА	108

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Трофимченко В.Н., Воронов В.П., Мордовская О.С., Ханин С.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ ЛЕНТ ДЕЗАГРЕГИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗАГРЕГАЦИИ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В СЕПАРАТОРЕ	114
Семенов И.А., Воронов В.П., Горбань Т.Л., Лунев А.С. К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ПРОТИВОТОЧНОЙ МЕЛЬНИЦЫ	118
Бестужева О.В., Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	122
Бойко А.Ф., Лойко А.М., Шестаков А.И. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ ПРОДУКТОВ ОБРАБОТКИ ПРИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРОШИВКЕ МИКРООТВЕРСТИЙ	128

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Рязанов Ю.Д. УМЕНЬШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЛИШНИХ ПЕРЕХОДОВ И СОСТОЯНИЙ В РАСПОЗНАВАТЕЛЯХ С МАГАЗИННОЙ ПАМЯТЬЮ	132
Заставной Д.А. РАЗРАБОТКА WEB-АДАПТАЦИИ GIS-СИСТЕМЫ WINMAP НА ОСНОВЕ ТРЕХУРОВНЕВОЙ АРХИТЕКТУРЫ	139

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Косухин М.М., Хахалева Е.Н., Богачева М.А., Косухин А.М., Чайкина Е.Е. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ ГИДРОФИЛЬНЫХ ГРУПП ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ИХ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ И СИНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	143
Ястребинский Р.Н., Павленко З.В. СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	153
Мирошникова Ю.В., Мирошникова О.В., Классен В.К. ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕННЫХ В СЫРЬЕВОЙ ШЛАМ УГЛЕОТХОДОВ НА КАЧЕСТВО ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА	159
Павленко В.И., Черкашина Н.И., Ястребинская А.В., Толыпина Н.М. РАСЧЕТ НЕЙТРОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	164
Лопанов А.Н., Фанина Е.А., Томаровщенко О.Н. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ	168
Черкашина Н.И., Павленко З.В., Ястребинская А.В., Толыпина Н.М. ДЕГРАДАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИАЛКАНИМИДА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНАМИ	173
Гребенюк А.А., Борисов И.Н. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СУЛЬФОФЕРРИТНОГО КЛИНКЕРА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ	177

Павленко В.И., Ястребинский Р.Н.СНИЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ

185

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гукова Е.А.ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК
В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

189

Кикалишвили Д.Г., Моисеев В.В.ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ СОВРЕМЕННОЙ
РОССИИ

195

Герасименко О.А., Авилова Ж.Н.РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

202

Карамышев А.Н., Абросимова Е.В., Казаева М.С., Федоров Д.Ф.ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВНЫЕ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ РОССИЙСКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

208

Косухин М.М., Скороходов К.Р., Косухин А.М., Богачева М.А.РОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ
ОБРАЗОВАНИЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

212

Карпов Д.С.АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАК СТРУКТУРЫ ИЗ ЛОКАЛЬНЫХ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

219

Щетинина Е.Д., Кучерявенко С.А., Стенюшкина С.Г.ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО
И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

224

Балабанова Г.Г., Журавлева Л.И.К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

229

Саруханова Е.А., Ширина Н.В.РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
ПУТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ РОДОВЫХ УСАДЕБ (ЧАСТЬ 1)

235

Растворцева С.Н., Усманов Д.И.АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ВКЛЮЧЕННОСТИ РОССИИ В ГЛОБАЛИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ
(ЧАСТЬ 1)

242

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/22455

*Попов Д.Ю., аспирант,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Мещерин В.С., д-р техн. наук, проф.
Технический университет Дрездена, Германия*

ВЛИЯНИЕ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ НА ПЛАСТИЧЕСКУЮ УСАДКУ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

popov.dmitry412@yandex.ru

В статье представлена информация о механизме возникновения пластической усадки в ранние сроки твердения, ее действия на цементный камень и способы ее сокращения. Установлено, что эффективным средством сокращения пластической усадки является использование суперабсорбирующих полимеров в качестве накопителей влаги с последующей ее отдачей. Определенно влияние суперабсорбирующих полимеров на технологические и физико-механические свойства цементного камня с учетом размера зерен исследуемых добавок. Размер зерен суперабсорбирующих добавок является важным параметром, оказывающим значительное влияние, как на физико-механические показатели, так и на пластическую усадку цементного камня.

Ключевые слова: *пластическая усадка, гидратация цемента, капиллярное давление, суперабсорбирующие полимеры.*

Введение. Разработанные методологические основы создания эффективных строительных композитов, сформулированных в рамках геоники (геомиметики) при реализации теоретических положений и системного подхода к решению проблем, а также, основываясь на основной стадии в эволюции строительных материалов – техногенный метасоматоз, характеризующийся приспособлением композита к изменяющимся условиям, при эксплуатации зданий и сооружений, позволяют проектировать композиты будущего обладающих высокой эксплуатационной способностью и долговечностью с учетом сформулированных задач [1].

Одним из направлений решения подобных задач является трещинообразования в результате усадочных деформаций, которые существенно уменьшают срок эксплуатации материалов. Особенно это значимо в постоянно изменяющихся условиях – кислотно-щелочные дожди, резкое изменение температурно-влажностного баланса, шумовое воздействие и т.д. [2].

Основная часть. До настоящего времени нет общепринятой точки зрения на причины усадочных деформаций, возникающих в цементном камне на ранней стадии твердения, а затем и в бетоне при его затвердевании и последующем высыхании.

Многие исследователи по-разному объясняют причины деформаций, но большинство склоняются к мнению, что усадочные деформации

в первые часы после укладки, когда бетон еще пластичен, возникают под действием капиллярных сил, что приводит к объемному обжатию структурных элементов цементного камня. Такие деформации возникают впервые 4–6 часов после укладки бетонной смеси и называются пластическими деформациями или пластической усадкой [3–5].

Пластическая усадка является следствием быстрой потери воды с поверхности бетона, приводящей к образованию отрицательного капиллярного давления в микропорах, что вызывает сжатие системы, которое, в свою очередь, может привести к образованию трещин.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема механизма пластической усадки [3]. В начальный период, когда система-бетон полностью затворена водой и на ее поверхности образована водная прослойка, разница давления между водой и окружающей средой отсутствует. Следовательно, капиллярное давление равно нулю (рис. 1 – А). Как только в результате испарения водная пленка с поверхности исчезает, начинают развиваться водные мениски. Капиллярное давление в микропорах бетона приобретает отрицательное значение за счет образования вогнутого мениска жидкости на разделе двух фаз – воды и воздуха (рис. 1 – Б). Образование таких менисков характерно для смачивающих жидкостей. Адгезионные силы и поверхностное натяжение способствуют развитию от-

рицательного капиллярного давления, которое начинает возрастать обратно пропорционально радиусам, образующих менисков. В результате чего происходит объемное сжатие, приводящее к усадочным деформациям бетона находящегося в еще пластической фазе (рис. 1 – В). Повышение отрицательного капиллярного давления также, приводит к миграции воды к верхним

слоям. В момент, когда скорость испарения влаги превышает скорость миграции воды к поверхности бетона, происходит локальное проникновение воздуха в систему пор. Давление, при котором это достигается, называется критическим или давлением прорыва [3]. После чего происходит резкое понижение капиллярного давления (рис. 1 – Г).

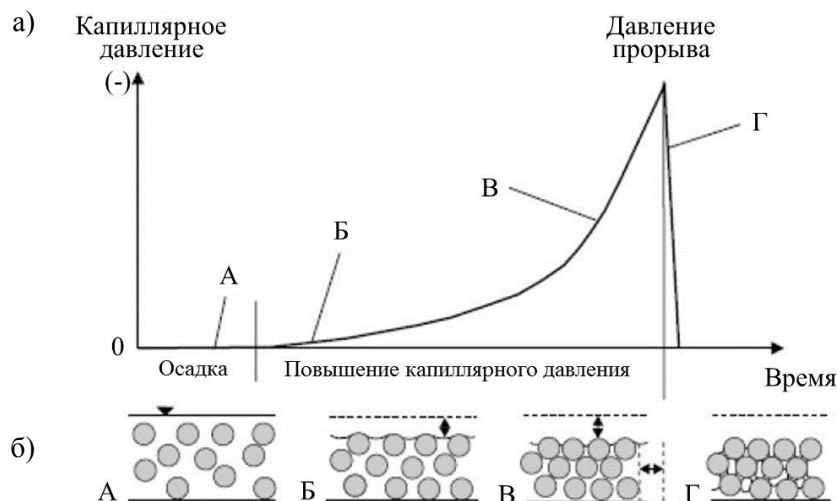


Рис. 1. Механизм образования пластической усадки:

а) схема развития отрицательного капиллярного давления в микропорах бетона, б) физическое действие отрицательного капиллярного давления и образование пластической усадки [3]

Снизить пластическую усадку можно путем созданию тепло-влажностного режима, при котором скорость испарения влаги с поверхности бетона будет ниже скорости, при которой вода мигрирует к поверхности по внутренним капиллярам; внешним уходом за открытой поверхностью, а именно обрызгиванием или укрытием защитной пленкой; а также внутренним уходом, путем использования различных водоудерживающих добавок природного или искусственного происхождения, обеспечив тем самым равномерное распределение влаги по всему объему бетона в начальный период твердения.

В качестве водоудерживающей добавки изучено влияние высокоэффективных впитывающих полимеров двух модификаций, а также влияние различных дисперсностей.

Высокоэффективные впитывающие полимеры SAP (superabsorbent polymers) – это суперабсорбирующие полимеры последнего поколения, действие которых основано на высокой способности к поглощению и удержанию воды с последующей отдачей [6].

Порошкообразные SAP добавляются в бетон во время смешивания компонентов бетонной смеси. Полимеры SAP начинают активно впитывать воду в 30 раз превышающую их собственную массу, которая в дальнейшем исполь-

зуется для гидратации (медленно освобождается). В результате внутреннего влагообмена, вода мигрирует от высокого потенциала влажности к низкому, таким образом, градиент потенциала миграции влаги уменьшается. Это заставляет внутреннюю влагу равномерно распределяться по всему объему бетона, предотвращая ее неравномерное распределение влаги, а также снижает действие отрицательного капиллярного давления.

По проведенным ранее исследованиям установлено, что наиболее действенным является применение суперабсорбирующих полимеров в качестве аккумулирующей среды в борьбе с аутогенной усадкой бетона, на этот счет имеются множество публикаций [7–14].

В продолжение изучения суперабсорбирующих добавок SAP, на базе Технического университета Дрездена совместной работой Института строительных материалов Дрездена и кафедрой Строительного материаловедения, изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова были проведены исследования по установлению влияния добавок SAP на пластическую усадку цементного камня на ранней стадии твердения.

Исследования проводились на добавках, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Исследуемые добавки

Название	Модификация	Дисперсность, мкм	Обозначение
FLOSET	B3	менее 200	SAP-I(<200 мкм)
		от 200 до 500	SAP-I(200–500 мкм)
	129XB4N	менее 200	SAP-II(<200 мкм)
		от 200 до 500	SAP-II(200–500 мкм)

Добавки вводили в сухом состоянии в количестве 0,3 % от массы цемента, равномерно перемешивали с вяжущим, после чего смесь за-

творяли водой при водоцементном отношении равном 0,5. Испытания проводили в климатической камере при двух режимах работы (табл.2).

Таблица 2

Режимы работы климатической камеры

	Температура воздуха T , °C	Влажность воздуха ϕ , %	Скорость ветра $v_{\text{ветр}}$, м/с
Режим 1	20	65	4
Режим 2	35	40	5,5

Влияние добавок SAP на технологические и физико-механические свойства цементного камня представлены на рисунке 2. Установлено, что SAP-I при различных дисперсностях оказывает незначительное влияния на распыл конуса це-

ментного теста (рис. 2, а). Добавка SAP-II(<200 мкм) уменьшает распыл цементного теста на 24 %, а SAP-II (200–500 мкм) на 14 %. Это говорит о том, что с уменьшением размера зерен, увеличивается влагонасыщение добавки.

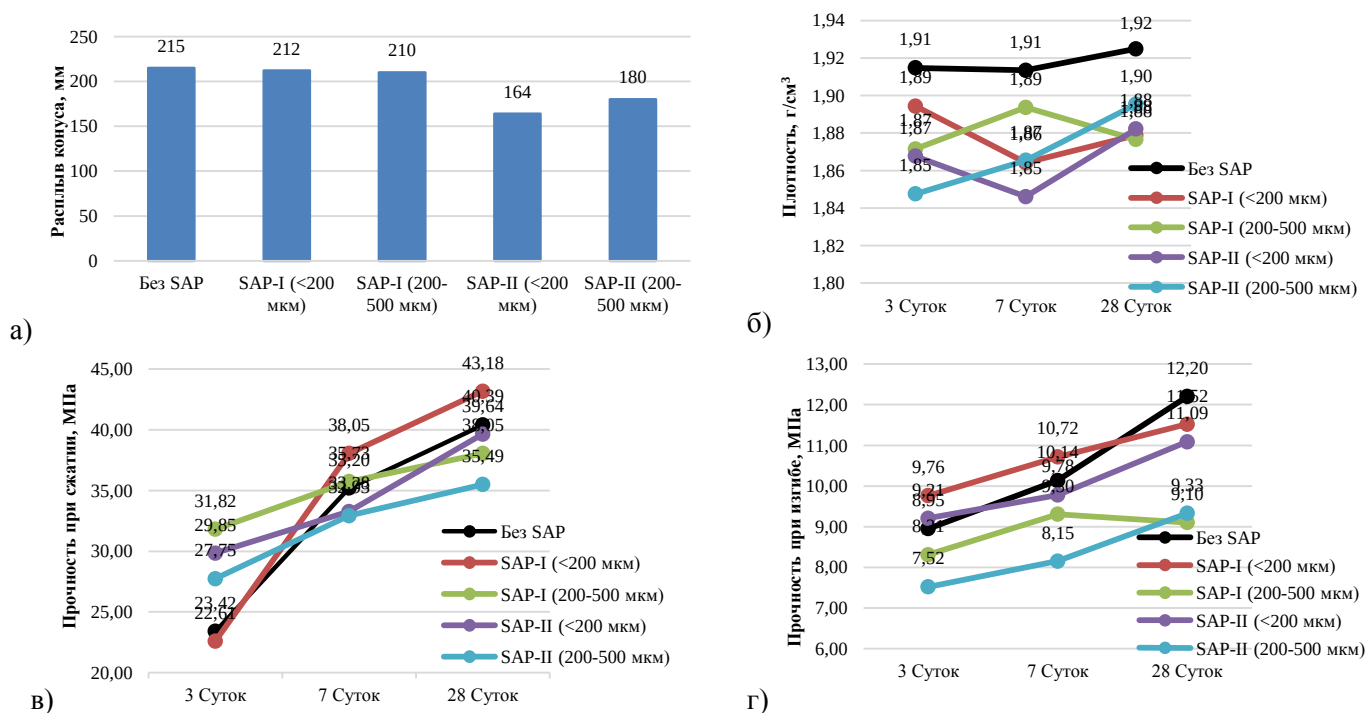


Рис. 2. Влияние добавок SAP на технологические и физико-механические свойства цементного камня:

а) распыл конуса, б) плотность, в) предел прочности при сжатии, г) предел прочности при изгибе

Для установления физико-механических свойств цементного камня исследовали пробы всех составов испытанных в климатической камере. Испытания проводили согласно европейским нормам контроля – DIN 169-1-2005 «Цемент. Методы испытания. Часть 1. Определение прочности».

Анализ результатов исследования плотности образцов с использованием различных добавок SAP (рис. 2, б) показал, что введение супе-

рабсорбирующих добавок приводит к значительному снижению плотности цементного камня на всех стадиях испытаний, что является следствием природы самих добавок.

Анализ кривых набора прочности при сжатии образцов (рис. 2, в) указывает на особенность влияния суперабсорбирующих полимеров на прочность цементного камня. Так, при испытании в возрасте 3 суток все вводимые добавки, за исключением SAP-I (<200 мкм), приводят к уве-

личению предела прочности при сжатии. Добавка SAP-II (200–500 мкм) увеличивает прочность на 17,2 %, добавка SAP-II (<200 мкм) на 27,4 % и добавка SAP-I (200–500 мкм) на 35,8 %. Введение добавки SAP-I (<200 мкм) приводит к снижению прочности на 3,5 % от значений контрольных бездобавочных образцов. Вероятно, в течение трех суток добавка адсорбирует на себя воду из цементного теста, а в последующие сроки твердения цементного камня отдает избыточную воду, препятствуя активному протеканию процессов гидратации в системе.

В дальнейшем, при испытании в возрасте 7 суток твердения значения предела прочности при сжатии образцов, содержащих добавки, ниже показателя прочности контрольных образцов. Так, добавки SAP-II размером зерен менее 200 мкм и от 200 до 500 мкм уменьшают прочность на 6,3 %, величина предела прочности образцов содержащих добавку SAP-I (200–500 мкм) практически соответствует величине бездобавочных образцов. Но при этом, введение добавки SAP-I (<200 мкм) приводит к увеличению предела прочности при сжатии на 8 %, что объясняется высвобождением адсорбированной воды, которая способствует активному образованию гидросиликатов кальция в этом возрасте.

В возрасте 28 суток установлено следующее влияние: добавки SAP-II (<200 мкм), SAP-I (200–500 мкм) и SAP-II (200–500 мкм) уменьшают предел прочности при сжатии на 2, 5,8 и 12,2 % соответственно, введение добавки SAP-I (<200 мкм) приводит к увеличению предела прочности при сжатии на 6,9 %. Полученные результаты свидетельствуют, что суперабсорбирующие полимеры целесообразно использовать в качестве водоудерживающих добавок.

На основании проведенных исследований четко прослеживаются следующие закономерности: добавки SAP с наименьшим размером зерен, менее 200 мкм, дают прирост прочности в первые 3 суток, в отличие от добавок размером зерен 200–500 мкм, в тоже время, добавки SAP с наибольшим размером зерен, 200–500 мкм, обеспечивают наибольшее значения пределов прочности при сжатии образцов при достижении 28 суток.

Анализ кривых предела прочности при изгибе (рис. 2, г) позволяет выявить несколько закономерностей. Добавки модификации SAP-I и SAP-II размером зерен менее 200 мкм в возрасте 3 суток дают прирост прочности на 9 и 2,9 % соответственно. При достижении возраста 28 суток все образцы, имеющие в своем составе суперабсорбирующие добавки, имеют значения предела прочности при изгибе меньше значений контрольных бездобавочных образцов. Таким

образом установлено, что использование суперабсорбирующих полимеров приводит к снижению предела прочности при изгибе в отдаленные сроки твердения.

Движущей силой пластической усадки в бетоне является возникновение и развитие отрицательного капиллярного давления в микропорах. Образовавшееся отрицательное капиллярное давление вызывает объемное сжатие, приводящее к значительной усадке свежееотформованного бетона. Чем выше отрицательное капиллярное давление, тем сильнее создается объемное сжатие, приводящее к пластической усадке свежееотформованного бетона.

Все экспериментальные образцы, имеющие в своем составе суперабсорбирующие полимеры SAP, показали отклонение отрицательного капиллярного давления от контрольных бездобавочных образцов в сторону уменьшения. Как видно на графике капиллярного давления климатического режима 1 (рис.3, а), давление прорыва во всех исследуемых образцах достигнуто к 5 часам. Добавка SAP-II (200–500 мкм) приводит к уменьшению отрицательного капиллярного давления на 44 %, добавки SAP-I (<200 мкм) и SAP-II (<200 мкм) приводят практически к равному эффекту, снижая давление на 65 %, а добавка SAP-I (200–500 мкм) – на 70 %. Явная тенденция влияния размера частиц суперабсорбирующих добавок не прослеживается.

Анализ графиков горизонтальной усадки (рис. 3, в) показал, что использование добавок SAP-I приводит к наибольшему уменьшению горизонтальных деформаций на ранней стадии и составляет 19–22 %. Введение добавок SAP-II также приводит к снижению горизонтальных деформаций, но установлено влияние размера частиц добавок. Так добавка SAP-II с размером зерен 200–500 мкм действует в 2,5 раза эффективней той же модификации, но с размером зерен менее 200 мкм.

Анализ кривых вертикальной усадки (рис. 3, д) свидетельствует, что использование суперабсорбирующих добавок приводит к увеличению величин вертикальных деформаций. Причем, наблюдаются значительные деформационные изменения на протяжении всего периода исследования. В первые часы после укладки этот эффект можно объяснить действием осадки цементного теста, в дальнейшем вертикальные деформации развиваются за счет действия отрицательного капиллярного давления до достижения давления прорыва, это значение соответствует 5 часам на графике. После чего происходят деформационные изменения с обратным знаком, то есть сжатие системы сменяется ее вытягиванием в вертикальном направлении, что

вызвано внутренними физико-механическими процессами и упругими деформациями цементного камня. До момента образования давления прорыва, добавки SAP-I (<200 мкм), SAP-I (200–500 мкм) и SAP-II (200–500 мкм) увеличивают вертикальную усадку примерно на 64–67 %, а

добавка SAP-I (<200 мкм) – на 26 %. Уменьшение размера зерен суперабсорбирующих полимеров позволяет снизить отрицательный эффект добавок на вертикальную усадку в климатическом режиме 1.

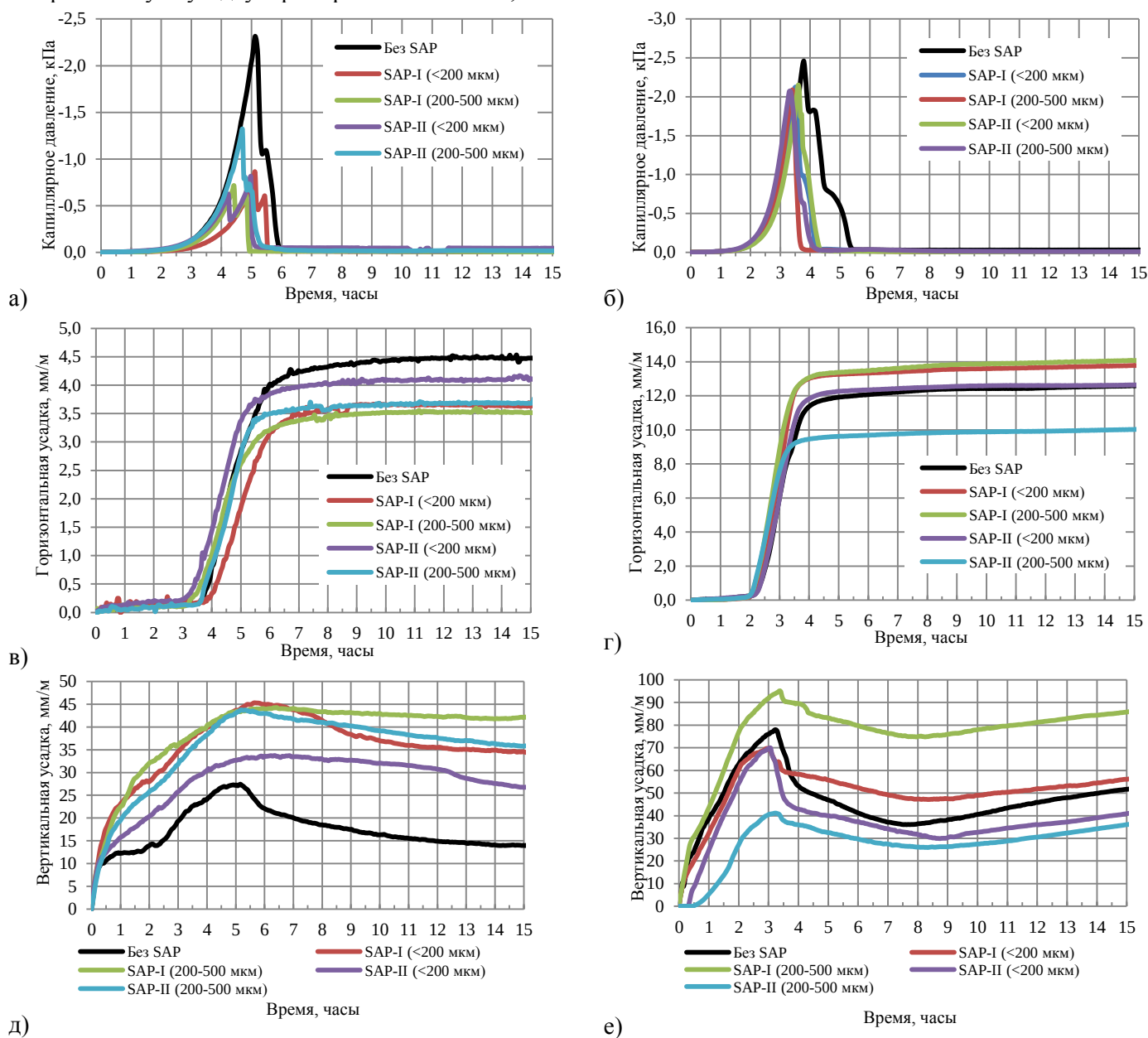


Рис. 3. Графики проведенных испытаний цементного камня:
Климатический режим №1: а) капиллярное давление в микропорах, в) горизонтальная усадка, д) вертикальная усадка;
Климатический режим №2: б) капиллярное давление в микропорах, г) горизонтальная усадка, д) вертикальная усадка.

Значения графиков климатического режима 2 имеют иной характер, и прослеживается явная тенденция, к более ранним деформационным изменениям, за счет более интенсивного испарения воды. Давление прорыва достигается к 3 ч 20 мин (рис. 3, б). Капиллярное давление образцов содержащих все виды добавок SAP имеет незначительные отклонения в сторону повышения и составляет 17–19 % от контрольного об-

разца, при этом добавки с наибольшим размером зерен являются эффективней соответствующих модификаций меньшего размера зерен.

Анализ графиков горизонтальной усадки режима 2 (рис. 3, г) демонстрирует отличный эффект влияния суперабсорбирующих добавок от режима 1. Добавки SAP-I (<200 мкм) и SAP-I (200–500 мкм) приводят к увеличению горизонтальной усадки образцов цементного камня на

12 %, добавка SAP-II (<200 мкм) практически не влияет на горизонтальные деформации и только лишь добавка SAP-II (200–500 мкм) снижает горизонтальную усадку цементного камня на 20 % (рис. 3, г). Явная тенденция влияния размера частиц не прослеживается.

Поведение графиков вертикальной усадки режима 2, также неоднозначен (рис. 3, е). Как и в климатическом режиме 1 (рис. 3, д), вертикальные деформации изменяются на протяжении всего времени исследования. До момента образования давления прорыва (3 часа 20 мин) добавка

SAP-I (200–500 мкм) приводит к увеличению вертикальной усадки цементного камня на 22 %, величины вертикальных усадок для добавок SAP-I (<200 мкм) и SAP-II (<200 мкм) равны и являются на 10 % ниже значения контрольного образца. Добавка SAP-II (200–500 мкм) приводит к снижению вертикальной усадки на 48 %. Явная тенденция влияния размера частиц не прослеживается. Но стоит отметить особое поведение добавок с разным размером зерен одной модификации. Так добавка модификации SAP-I размера частиц менее 200 мкм примерно на 30 % эффективнее добавки с размером зерен 200–500 мкм. Однако, при действии добавки модификации SAP-II наблюдается обратный эффект – влияние добавки с размером зерен 200–500 мкм эффективнее добавки размером зерен менее 200 мкм.

Анализ результатов проведенных испытаний цементного камня, исследованных при одинаковых климатических режимах, указывает на резкие изменения показателей горизонтальной и вертикальной усадок, происходящих одновременно со скачками капиллярного давления, а именно при достижении времени образования давления прорыва. Так, при испытании в режиме 1, резкие скачки капиллярного давления и изменения усадок в образцах, происходят в интервале времени 4 ч 20 мин и 5 ч 10 мин. При испытании в режиме 2, скачки капиллярного давления и изменения усадок наблюдаются в интервале времени 3 ч 20 мин и 3 ч 45 мин. Это свидетельствует, что при сильном испарении влаги с поверхности бетона, пластическая усадка развивается интенсивнее, что, в свою очередь, подвергает риску образования трещин.

В результате проведенных исследований установлено, что образовавшееся отрицательное капиллярное давление производит объемное сжатие, вызывая значительную усадку цементного камня. Все исследуемые суперабсорбирующие добавки оказывают значительное влияние на понижение капиллярного давления в микропорах цементного камня. Среди исследуемых

добавок добавка FLOSET 129XB4N размером зерен менее 200 мкм в климатическом режиме 1 оказывает наилучшее влияние по уменьшению пластической усадки в цементном камне. В более сухом климатическом режиме 2 наилучшими показателями обладает та же добавка FLOSET 129XB4N, но размером зерен 200–500 мкм.

Применение добавки FLOSET B3 размером зерен менее 200 мкм приводит к увеличению прочностных показателей цементного камня, что позволяет использовать суперабсорбирующий полимер в качестве водоудерживающей добавки способствующей развитию физико-механических характеристик.

Размер зерен суперабсорбирующих добавок является важным параметром, оказывающим значительное влияние, как на физико-механические показатели, так и на пластическую усадку цементного камня.

Полученные данные свидетельствуют о том, что добавки FLOSET обладающие высокой абсорбирующей способностью, играющие роль накопителей и применяемые в борьбе с аутогенной усадкой бетона, также эффективны в борьбе с пластической усадкой бетона на ранней стадии твердения.

Таким образом, установлено, что на стадии изучения влияния суперабсорбирующих добавок на цементный камень выявлена положительная тенденция сокращения пластической усадки, что предопределяет снижение рисков трещинообразования при создании цементных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография. Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. 196 с.
2. Лесовик В.С., Володченко А.А. К проблеме техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 38–41.
3. Slowik V., Schmidt M., Fritzsche R. Capillary pressure in fresh cement-based materials and identification of the air entry value // Cement and concrete composites. 2008. № 30. P. 557–565.
4. Wittmann F.H. On the action of capillary pressure in fresh concrete // Cement and concrete research. 1976. №6, P. 49–56.
5. Sivakumar A., Santhanam Manu. A quantitative study on the plastic shrinkage cracking in high strength hybrid fibre reinforced concrete // Cement and concrete composites. 2007. №7(29) P. 575–581.
6. Мещерин В.С. Высокопрочные и сверхпрочные бетоны: технологии производства и

сферы применения [Электронный ресурс] / Стройпрофиль. 2008. №8(70) – Режим доступа: <http://i-stp.ru/?nomer=8-08>.

7. Schröfl C., Mechtcherine V., Gorges M. Relation between the molecular structure and the efficiency of superabsorbent polymers (SAP) as concrete admixture to mitigate autogenous shrinkage // Cement and concrete research. 2012. № 42. P. 865–873.

8. Justs J., Wyrzykowski M., Bajareb D., Lura P. Internal curing by superabsorbent polymers in ultra-high performance concrete // Cement and concrete research. 2015. №76. P. 82–90.

9. Lura P., Durand F., Jensen O.M. Autogenous strain of cement pastes with superabsorbent polymers, International RILEM Conference on Volume Changes of Hardening Concrete: Testing and Mitigation, RILEM Publications SARL, 2006. 57–65 RILEM Publications SARL.

10. Lura P. Autogenous deformation and internal curing of concrete. PhD thesis, TU Delft, The Netherlands. 2003.

11. Lura P., Durand F., Jensen O.M. Autogenous strain of cement pastes with superabsorbent polymers. In: Jensen OM, Lura P, Kovler K (eds) Proceedings of international RILEM conference on Volume Changes of Hardening Concrete: Testing and Mitigation, 20–23 August 2006. P. 57–66

12. Jensen O.M. Autogenous deformation and RH-change – self-desiccation and selfdesiccation shrinkage, PhD thesis, Technical University of Denmark, Denmark. 1993.

13. Dudziak L. Mitigating autogenous shrinkage of high-performance concrete by using Super Absorbent Polymers. PhD thesis, TU Dresden, Germany (in preparation). 2011.

14. Dudziak L., Mechtcherine V.: Reducing the cracking potential of Ultra-High Performance Concrete by using Super Absorbent Polymers (SAP). In: Van Zijl GPAG, Boshoff WP (eds) Proceedings of the international conference on Advanced Concrete Materials, 17–19 November 2009. P. 11–19.

Popov D.Yu., Lesovik V.S., Mechtcherine V.S.

CHEMICAL SHRINKAGE OF CEMENT STONE IN EARLY HARDENING PHASE

This article provides information on the mechanism of plastic shrinkage in the early stages of hardening, its action on the cement stone and ways to reduce it. It is found that an effective way of reducing plastic shrinkage is the use of superabsorbent polymers as a moisture storage and its subsequent return. Definitely the impact of superabsorbent polymers on technological and physico-mechanical properties of the cement stone with the size of grains of the studied additives. The grain size of the superabsorbent supplements is an important parameter that has a significant impact, both on the physical and mechanical properties as well as on plastic shrinkage of cement stone.

Key words: plastic shrinkage, hydration of cement, capillary pressure, superabsorbent polymers.

Попов Дмитрий Юрьевич, 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: popov.dmitry412@yandex.ru

Лесовик Валерий Станиславович, доктор, технических наук, профессор, заведующий кафедрой 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

Мешерин Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, директор института строительных материалов. Технический университет Дрездена.
Адрес: Германия, 01187, Дрезден, Georg-Schuman-Str.7.
E-mail: mechtcherine@tu-dresden.de

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

Брянский государственный инженерно-технологический университет

СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ДИСПЕРГИРОВАННЫМ ДИОКСИДОМ ТИТАНА В СУТОЧНОМ ВОЗРАСТЕ

natluk58@mail.ru

Исследовано влияние диоксида титана (TiO_2) рутильной модификации, диспергированного ультразвуком в водно-спиртовой среде, на структуру цементного камня в суточном возрасте. Установлено, что ультразвуковое диспергирование TiO_2 приводит к образованию частиц с дзета-потенциалом $-(42-44)$ мВ и средним диаметром 396–398 нм, при этом около 40 % частиц имеет диаметр 60–100 нм. Повышение отрицательного заряда на границе раздела «частицы TiO_2 – водно-спиртовая среда» и уменьшение их размера до нанодиапазона в результате ультразвуковой обработки являются причиной направленного воздействия диспергированного диоксида титана на формирование структуры цементного камня, которое заключается в интенсивном гетерогенном зародышеобразовании этtringита и портландита в суточном возрасте.

Ключевые слова: диоксид титана, рутильная модификация, гидратация, цементный камень, этtringит, портландит, структура.

Введение. В последнее время все большее внимание в качестве объектов исследования привлекают нанодисперсные и наноструктурированные кристаллические оксидные материалы, характеризующиеся совокупностью ценных свойств и широкими областями применения [1]. К таким соединениям относится диоксид титана TiO_2 , известный как синтетический неорганический белый пигмент, анатазной и рутильной кристаллических модификаций, получаемый гидролизом растворов серноокислого титана с последующим прокаливанием [2].

Одним из практических путей применения диоксида титана является строительство, а именно, использование TiO_2 для производства белых цементов, сухих строительных смесей, декоративных растворов и бетонов, лакокрасочных материалов различных типов, включая архитектурные, промышленные и эксплуатационные покрытия [3–6].

Диоксид титана, наряду с другими оксидами, являющимися полупроводниками (ZnO , SnO_2 , Fe_2O_3 , CdO , WO_3 , In_2O_3), представляет большой научно-практический интерес с точки зрения фотокатализатора. Его активность в отношении деградации различных органических и неорганических соединений всесторонне исследуется для создания различных самоочищающихся покрытий. Известно, что диоксид титана проявляет наибольшую фотокаталитическую активность в анатазной модификации, которая является более дорогостоящей и менее распространенной в строительстве, по сравнению с рутильной структурной формой TiO_2 [7–9].

Ранее выполненные исследования показывают, что фотокаталитическую активность диоксида титана можно повысить при комплексном использовании наноразмерных частиц анатаза, осаждаемых в виде пленки на поверхности материала-носителя, и рутила, вводимого во внутренний, приповерхностный слой [10, 11]. При этом для эффективной реализации данного подхода необходимо всесторонне исследовать влияние TiO_2 рутильной модификации на формирование внутренней структуры материала.

Целью работы является исследование влияния диоксида титана рутильной модификации, диспергированного ультразвуком в водно-спиртовой среде, на структуру цементного камня в суточном возрасте, рассматриваемого в последующем как материал-носитель фотокаталитического покрытия, создаваемого при введении наноразмерных частиц анатаза.

Методика. При проведении исследований применялись следующие методы: электрофоретическое светорассеяние и фотонно-корреляционная спектроскопия на анализаторе ZetaPlus (дзета-потенциал, средний диаметр, распределение частиц по размерам TiO_2); растровая электронная микроскопия на микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU (структура цементного камня); рентгенофазовый анализ на дифрактометре ARL X'TRA, термический анализ на дериватографе SETARAM (фазовый состав цементного камня).

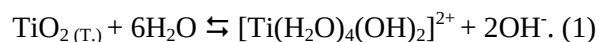
В работе использовались следующие мате-

риалы: диоксид титана рутильной модификации марки Р-1 [2], химический состав которого представлен содержанием, % по массе: TiO_2 – 98,57, SiO_2 – 0,206, MgO – 0,134, K_2O – 0,077, Na_2O – 0,039, Fe_2O_3 – 0,017, прочие – 0,957; поливиниловый спирт (ПВС) [12]; дистиллированная вода; портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н (ОАО «Белорусский цементный завод»); водопроводная вода ($\text{pH} = 6,9-7,1$).

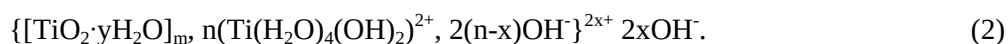
Ультразвуковое диспергирование (УЗД) исходного TiO_2 в водно-спиртовой среде (содержание ПВС 10 % от объема воды) осуществлялось с помощью импульсного активатора ПСБ-4035-04 при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и частоте ультразвука 35 кГц в течение 10 мин. Диспергированный TiO_2 вводился в виде готовой суспензии в количестве 0,05 % (в пересчете на сухое

вещество) от массы цемента вместе с расчетным объемом воды затворения, необходимым для получения цементного теста нормальной густоты.

Основная часть. Твердый диоксид титана рутильной модификации в незначительной мере взаимодействует с водой, так что устанавливается равновесие:



Это свидетельствует о возможности поверхностной ионизации TiO_2 под воздействием молекул воды. Возникает двойной электрический слой, причем поверхность заряжается положительно:



Результаты электрофоретического светорассеяния показали, что УЗД диоксида титана в водной среде поливинилового спирта приводит к перезарядке (от 3 мВ) частиц TiO_2 с последующим увеличением отрицательного значения дзета-потенциала до $-(42-44)$ мВ (рис. 1).

Следует отметить, что при использовании ПВС в качестве стабилизатора частиц диспергированного диоксида титана в количестве большем 10 % (от объема воды) наблюдается флокуляция частиц дисперсной фазы.

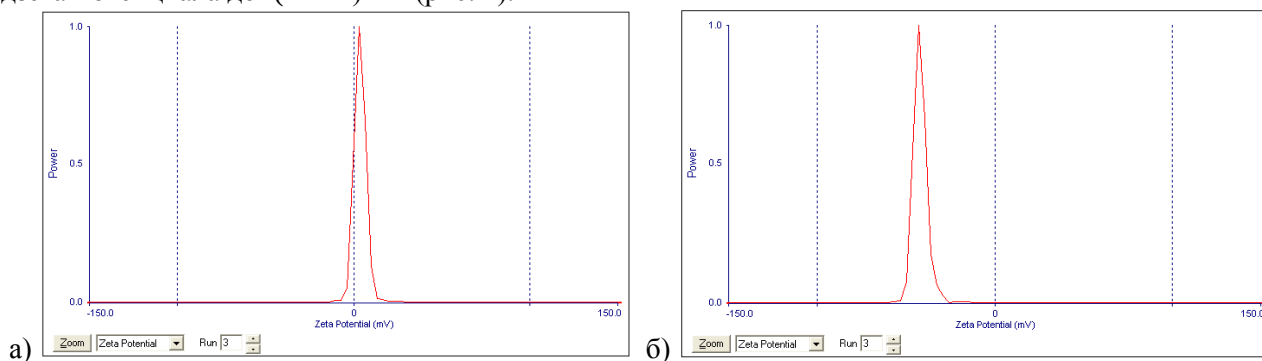


Рис. 1. Дзета-потенциал частиц диоксида титана: а – до УЗД; б – после УЗД

По данным фотонно-корреляционной спектроскопии средний диаметр частиц TiO_2 после диспергирования ультразвуком в водной среде

ПВС снижается от 2622–2624 нм до 396–398 нм. При этом около 40 % частиц диспергированного TiO_2 имеет диаметр 60–100 нм (рис. 2).

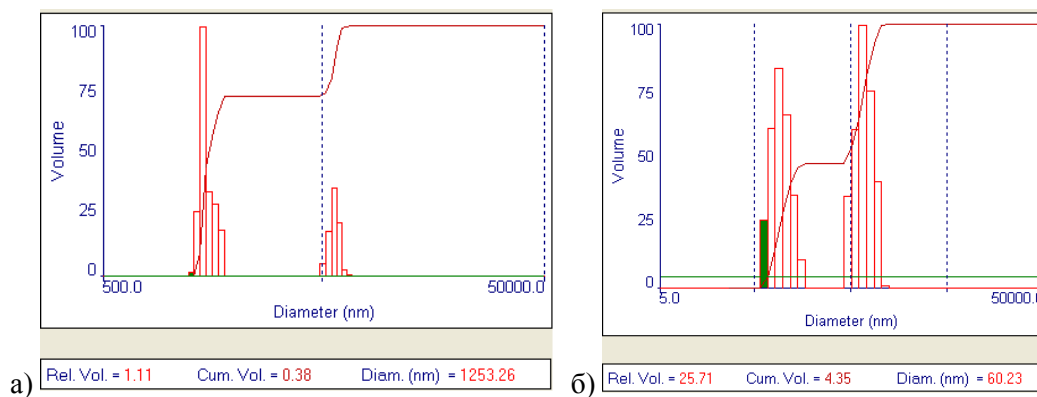


Рис. 2. Распределение по размерам частиц диоксида титана: а – до УЗД; б – после УЗД

Анализ влияния диспергированного диоксида титана рутильной модификации на струк-

туру цементного камня (ЦК) в суточном возрасте показал, что частицы TiO_2 находятся в не-

связанном состоянии, и вокруг них формируются уплотняющие и упрочняющие кристаллы новообразований (рис. 3), морфология которых

идентична этtringиту (Е), портландиту (СН) и С-С-Н фазам [13–15].

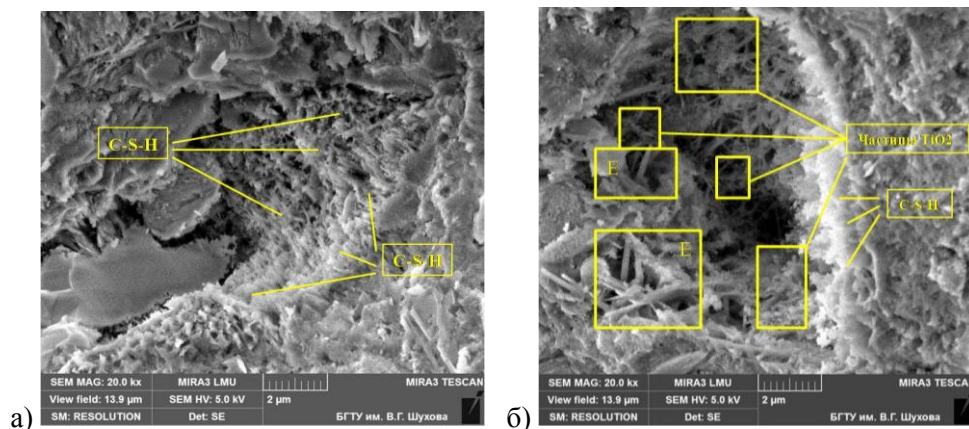


Рис. 3. Структура цементного камня в суточном возрасте:

а – контрольный образец; б – образец с диспергированным диоксидом титана

Дополнительное образование этtringита и портландита в ЦК с содержанием диспергированного TiO_2 подтверждается данными термического анализа (рис. 4), проведенного совместно методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ). Об этом свидетельствуют более глубокие

эндотермические эффекты (на кривой ДСК), соответствующие дегидратации Е при температуре 132 °С (144 °С для контрольного образца) и СН при температуре 529 °С (503 °С). В результате обезвоживания Е и СН, общая потеря массы (первая и вторая ступени на кривой ТГ) в контрольном образце ЦК составляет 7,1 %, а в образце с диспергированным TiO_2 – 16,4 %.

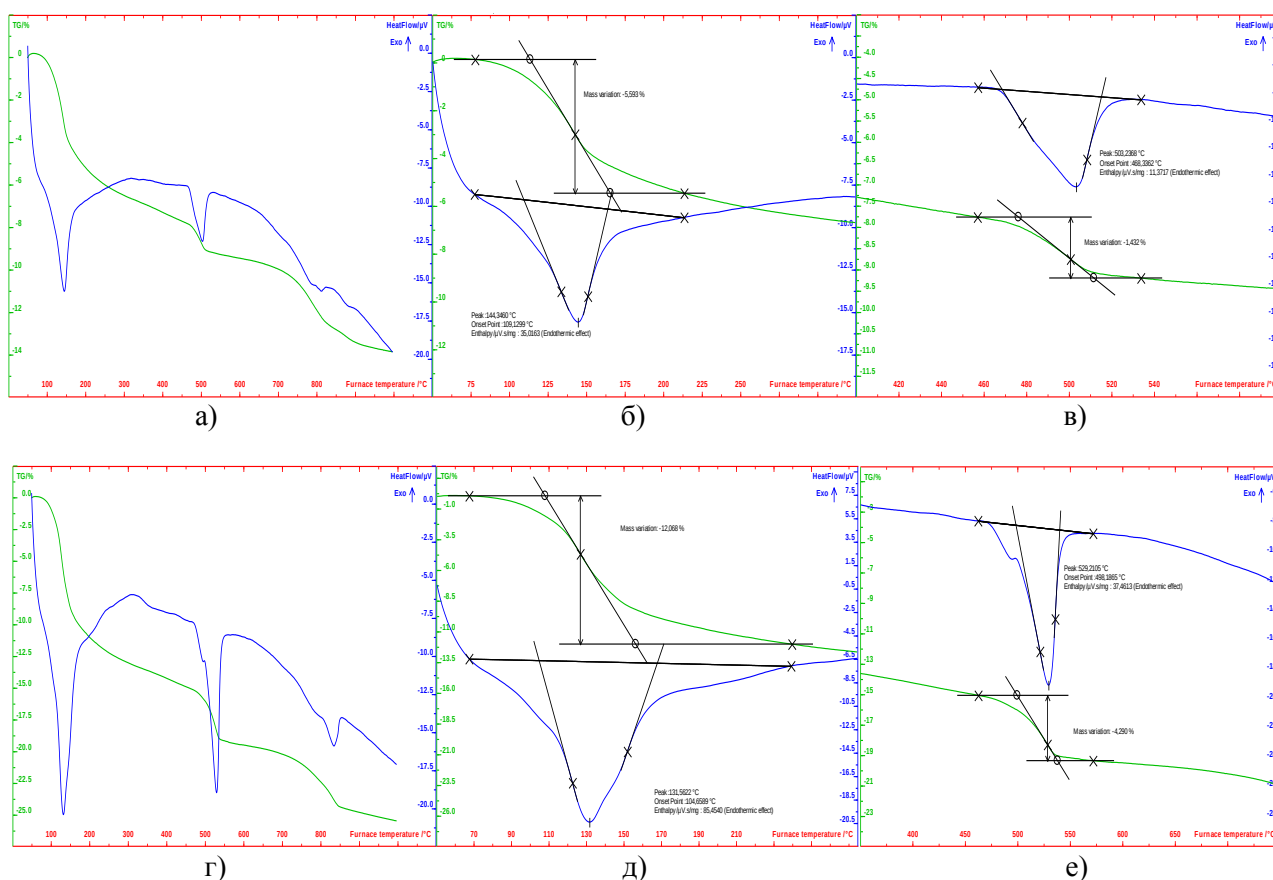


Рис. 4. Термограммы цементного камня в суточном возрасте:

а, б, в – контрольный образец; г, д, е – образец с диспергированным диоксидом титана;
б, д – фрагмент эндотермического эффекта, соответствующего дегидратации этtringита;
в, е – фрагмент эндотермического эффекта, соответствующего дегидратации портландита

Для детального изучения влияния диспергированного диоксида титана рутильной модификации на гидратацию клинкерных минералов в суточном возрасте проведен качественный рентгенофазовый анализ.

Установлено, что суммарная интенсивность отражения портландита СН (d , нм: 0,493-0,496;

0,261-0,264; 0,194; 0,193; 0,180-0,183) в образце ЦК с диспергированным TiO_2 составляет 900 имп./с, что превышает суммарную интенсивность отражения СН в контрольном образце ЦК (560 имп./с) в 1,6 раза (рис. 5).

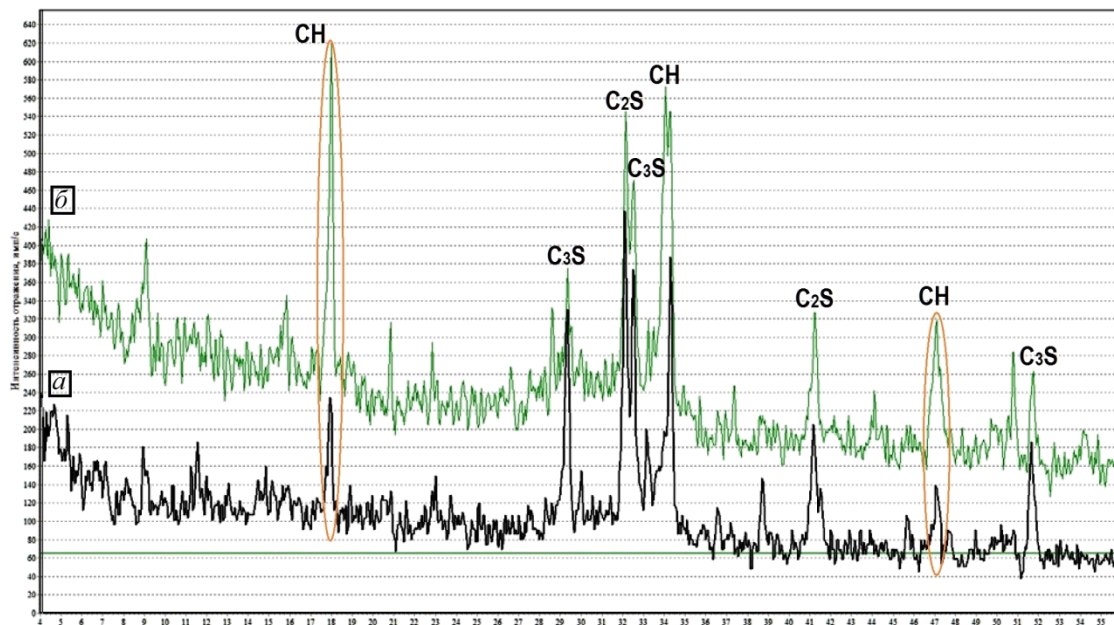


Рис. 5. Рентгенограммы цементного камня в суточном возрасте:
а – контрольный образец; б – образец с диспергированным диоксидом титана

При этом суммарная интенсивность дифракционных максимумов алита C_3S (d , нм: 0,305; 0,304; 0,276; 0,275; 0,177) в модифицированном цементном камне снижается от 640 до 460 имп./с, то есть на 28 %; белита C_2S (d , нм: 0,279; 0,278; 0,219) – от 480 до 440 имп./с, то есть на 8 %, что говорит об ускоренном процессе гидратации данных цементных фаз в присутствии частиц диспергированного TiO_2 рутильной модификации.

Выводы. На основании выполненных исследований установлен характер влияния диоксида титана рутильной модификации, диспергированного ультразвуком в водно-спиртовой среде, на структуру цементного камня в суточном возрасте, рассматриваемого в последующем как материал-носитель фотокаталитического покрытия, создаваемого при введении наноразмерных частиц анатаза.

Выявлено, что ультразвуковое диспергирование диоксида титана рутильной модификации в водной среде поливинилового спирта приводит к образованию отрицательно заряженных наноструктурированных частиц (около 40 % имеет диаметр 60-100 нм), вызывающих в цементной системе интенсивное гетерогенное зародышеобразование этtringита и портландита в суточном возрасте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ Р 56085-2014. Нанотехнологии. Часть 4. Материалы наноструктурированные. Термины и определения. Введ. 2015.03.01. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
- ГОСТ 9808-84. Двуокись титана пигментная. Технические условия. Введ. 1986.01.01. М.: Стандартинформ, 2004. 19 с.
- Богач М., Станек Т., Вишанский Д. Свойства композиций на основе цемента с добавками наночастиц диоксида титана // Цемент и его применение. 2011. № 5. С. 162-166.
- Ле Су Г., Бен Хаха М. Влияние наполнителя на гидратацию портландцемента в ранний период // Цемент и его применение. 2012. № 4. С. 46-51.
- Баженов Ю.М., Королев Е.В., Лукутцова Н.П., Завалишин С.И., Чудакова О.А. Высококачественные декоративные мелкозернистые бетоны, модифицированные наночастицами диоксида титана // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 73-78.
- Lukuttsova N.P., Lesovik V.S., Postnikova O.A., Gornostaeva E.Y., Vasunina S.V., Suglobov A.V. Nanodisperse additive based on titanium dioxide // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. V. 9. № 22. pp. 16803-16811.

7. Степанов А.Ю., Сотникова Л.В., Владимиров А.А., Дягилев Д.В., Ларичев Т.А., Пугачев В.М., Титов Ф.В. Синтез и исследование фотокаталитических свойств материалов на основе TiO_2 // Вестник КемГУ. 2013. № 2 (54). Т.1. С. 249-255.
8. Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Фотокаталитические цементные композиты, содержащие мезопористые наночастицы диоксида титана // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2014. № 1. Т.6. С. 14-26.
9. Хела Р., Боднарлова Л. Исследование возможности тестирования эффективности фотокатализа TiO_2 в бетоне // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 77-81.
10. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Соболева Г.Н., Ротарь Д.В., Оглоблина Е.В. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5-8.
11. Пыкин А.А., Постникова О.А., Солодухина М.Ю., Ефремочкин Р.А. Эффективность использования добавки нанодисперсного диоксида титана в качестве фотокаталитического покрытия на поверхности бетона // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4(46). Ч. 2. С. 155-159.
12. ГОСТ 10779-78. Спирт поливиниловый. Технические условия. Введ. 1980.01.01. М.: Изд-во стандартов, 1987. 24 с.
13. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высш. школа, 1981. 335 с.
14. Штарк Й. Гидратация цемента и микроструктура бетона // Цемент и его применение. 2001. № 2. С. 90-94.
15. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. М.: МИКХиС, 2007. 304 с.

Lukutsova N.P., Pykin A.A., Postnikova O.A., Golovin S.N., Borovik E.G.

THE STRUCTURE OF CEMENT STONE WITH DISPERSED TITANIUM DIOXIDE IN DAILY AGE

The influence of titanium dioxide (TiO_2) rutile modification, dispersed with ultrasound in water-ethanol medium, on the structure of cement stone in the daily age. Found that ultrasonic dispersion of TiO_2 leads to the formation of particles with a Zeta potential $-(42-44)$ mV and an average diameter 396–398 nm, with about 40 % of the particles has a diameter of 60–100 nm. The increase in negative charge at the interface, «particles of TiO_2 – water-alcohol environment» and reducing their size to the nanorange as the result of ultrasonic treatment cause directional effects of dispersed titanium dioxide on structure formation of cement stone, which is the intensive heterogeneous nucleation of ettringite and portlandite in the daily age.

Key words: titanium dioxide, rutile modification, hydration, cement stone, ettringite, portlandite, structure.

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.

E-mail: natluk58@mail.ru

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

Постникова Ольга Андреевна, инженер кафедры производства строительных конструкций.

Брянский государственный инженерно-технологический университет.

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

E-mail: chudakovachka@mail.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

**Булгаков Б.И., канд. техн. наук, доц.,
Танг Ван Лам, аспирант,
Александрова О.В., канд. техн. наук, доц.
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»**

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ САЖИ НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ

fakultetst@mail.ru

Большинство современных цементов содержат различные добавки, улучшающие свойства как самих вяжущих веществ, так и бетонных смесей и бетонов на их основе. Одной из основных целей их использования является стремление ускорить процессы структурообразования и, тем самым, повысить прочность цементного камня в раннем возрасте (в возрасте 1, 3 и 7 суток), что несомненно является важным и для строителей, и для производителей сборного железобетона, поскольку позволяет сократить сроки достижения его распалубочной и отпускной прочности.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что введение в цементное тесто в качестве модифицирующей добавки небольшого количества тонкодисперсной газовой сажи (до 0,01 % от массы цемента) позволяет увеличить прочность цементного камня на сжатие в раннем возрасте на $18 \div 79$ %. При этом, оптимальной является добавка 0,006 % масс. сажи.

Ключевые слова: цементный камень, наноразмерные частицы, прочность в раннем возрасте, тонкодисперсные добавки, газовая сажа, удельная поверхность.

Введение. Проблема повышения прочности и долговечности портландцементного камня не нова, но по-прежнему весьма актуальна [1–3]. Проведение мероприятий с целью повышения прочности цемента возможно как на стадии его производства, так и в ходе его применения.

Одним из широко используемых в настоящее время приёмов для достижения этой цели является применение различных добавок, влияющих на процессы измельчения клинкера, а также на гидратацию и твердение цемента. Для этого обычно используют такие тонкодисперсные минеральные добавки, как тонкоизмельчённый доменный шлак, зола-уноса, зола рисовой шелухи, микрокремнезём, метакраин и др. Эти добавки не растворяются в воде и являются частью тонкой составляющей твёрдой фазы цементного камня и бетона [4–6].

Минеральные добавки делятся на химически активные и инертные. Активные добавки, состоящие в основном из аморфного SiO_2 , при нормальной температуре во влажной среде способны взаимодействовать со свободным гидроксидом кальция с образованием малорастворимых низкоосновных гидросиликатов кальция или обладают способностью к самостоятельному твердению, особенно при активирующем действии $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Поэтому, их используют для управления процессами структурообразования цементного камня и твердеющего бетона [7–12].

Введение тонкодисперсных добавок-наполнителей минерального и органического происхождения позволяет уплотнить структуру цементного камня, а, следовательно, и самого бетона за счёт значительного снижения пористости, повысить его прочность, непроницаемость и морозостойкость, а также уменьшить усадку. Кроме того, они позволяют экономить клинкер и увеличивают водоудерживающую способность бетонных смесей, препятствуя их расслоению, при совместном использовании с супер- и гиперпластификаторами [13,14].

Были проведены экспериментальные исследования влияния добавления газовой сажи, представляющей собой инертную минеральную добавку, не обладающую пуццолановой или гидравлической активностью, на прочность цементного камня в раннем возрасте.

Методология. Прочность на сжатие цементно-песчаного раствора в возрасте 1, 3 и 7 суток определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 30744-2001.

С целью изучения влияния наноразмерных частиц сажи на прочность цементного камня в раннем возрасте использовали термогравиметрический и электронно-микроскопический анализ.

Основная часть. В исследованиях была использована газовая сажа китайского производства (рис. 1) со следующими характеристиками:



Рис. 1. Газовая сажа

- цвет - черный;
- размер частиц -28 - 36 нм;
- удельная поверхность сажевых частиц -800-815 м²/г;
- плотность при 20 °С -1,7 - 1,9 г/см³;
- растворимость в воде - не растворяется;
- значение pH водной суспензии (50 г/л) при 20°С > 7.

Перед введением в цементное тесто сажу диспергировали в воде с помощью лабораторного смесителя.

В качестве вяжущего вещества был использован портландцемент класса ЦЕМ II 42,5Н

производства завода «Хоанг Тхач» (СРВ). Основные характеристики клинкера и портландцемента на его основе приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав клинкера ЦЕМ II 42,5 Н

Содержание оксидов, % масс.						
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	п.п.п
63,23	22,27	5,37	4,12	2,4	1,626	0,984

Таблица 2

Минералогический состав портландцемента

Содержание минералов, % масс.				
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Прочие
58,3	21,4	5,7	11,4	3,2

В качестве мелкого заполнителя был использован песок реки Ло (СРВ) с модулем крупности 3,0.

Объем используемой добавки сажи изменялся в диапазоне от 0 % (у контрольных образцов) до 0,01% от массы цемента. Определяли нормальную густоту цементного теста, сроки схватывания и прочность на сжатие образцов в возрасте 1, 3 и 7 суток, изготовленных из цементно-песчаного раствора при соотношениях Ц : П = 1 : 3 и В/Ц = 0,5. Из такого цементно-

песчаного раствора изготавливали 3 балочки размером 40×40×160 мм, которые после твердения в нормальных условиях испытывали на изгиб, а затем их половинки – на сжатие.

Полученные результаты испытаний (табл. 3) анализировали с помощью методов термогравиметрического и электронно-микроскопического анализа на экспериментальных образцах, содержащих цемент и добавку сажи в оптимальном количестве 0,006% масс.

Таблица 3

Результаты испытаний цементного теста и цементно-песчаных растворов, содержащих добавку сажи

№ п/п	Количество сажи, % масс.	Нормальная густота цементного теста, % масс.	Сроки схватывания, мин.		Прочность на сжатие, МПа		
			начало	конец	1 сут.	3 сут.	7 сут.
0	0	27	140	235	7,2	18,2	32,9
1	0,002	27,2	140	235	10,1	21,4	40,1
2	0,004	27	142	230	9,6	22,7	39,1
3	0,006	27	142	230	12,9	24,5	42,7
4	0,008	27,4	142	230	9,5	21,4	40,4
5	0,010	27,4	142	230	10,6	24,3	38,9

Из приведённых в табл. 3 экспериментальных результатов следует, что:

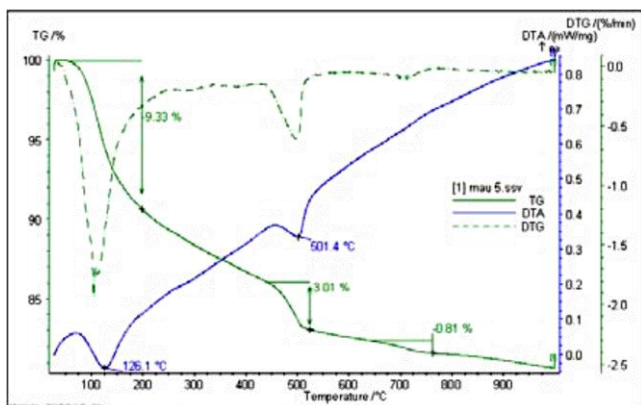
- нормальная густота цементного теста и сроки схватывания портландцемента почти не зависят от добавления сажи;

- прочность на сжатие цементно-песчаных образцов, держащих сажу, выше по сравнению с прочностью контрольных образцов без сажи в возрасте 1, 3, и 7 суток. Причём, наибольшее увеличение прочности (на 79 %) наблюдается у образцов с 0,006 % масс. сажи в возрасте 1 суток, а с повышением возраста твердения до 7 суток прирост прочности уменьшается до 18 ÷ 30 %.

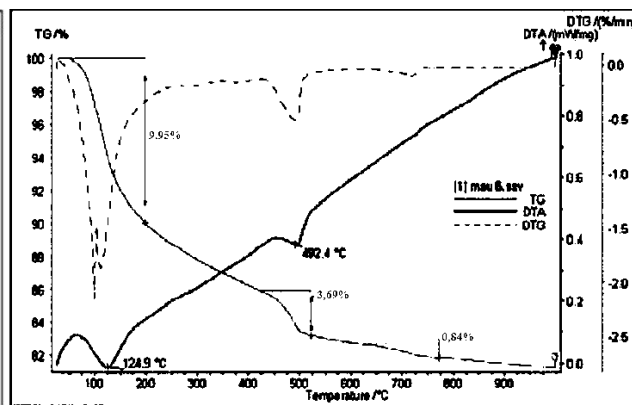
Увеличение прочности на сжатие образцов, наполненных сажей, по сравнению с контрольными образцами объясняется тем, что наноразмерные сажевые частицы, обладающие очень большой удельной поверхностью и не вступающие в химическое взаимодействие с минералами клинкера и продуктами их гидратации, выполня-

ют функцию центров кристаллизации (гетерогенной нуклеации) для гидратных новообразований при твердении цемента. Кроме того, при введении в большее количество, чем доли процента частицы сажи из-за их ультрадисперсности (их размер примерно в 100 раз меньше, чем у клинкерных частиц) могут заполнять пустоты между зёрнами цемента, способствуя, тем самым, уплотнению структуры цементного камня, что приводит к повышению его непроницаемости и прочности, в том числе в раннем возрасте [15–17].

Результаты термогравиметрического анализа цементных образцов в возрасте 1 суток твердения представлены на рис. 2.



а) Контрольный образец (без сажи)



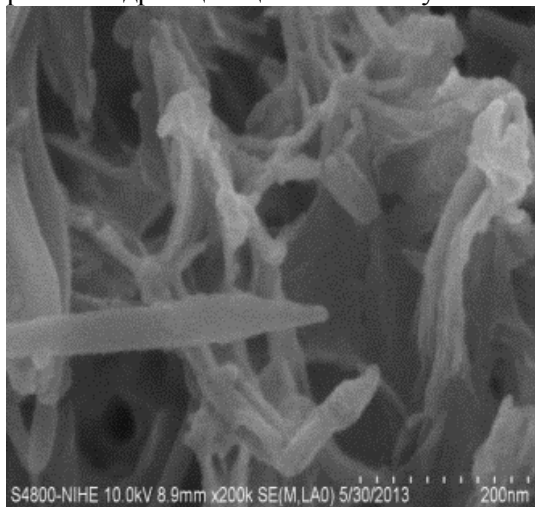
б) Образец, содержащий 0,006% масс. сажи

Рис. 2. Результаты термогравиметрического анализа цементных образцов в возрасте 1 суток

Результаты термогравиметрического анализа цементных образцов в возрасте 1 суток твердения показали, что в образцах, содержащих сажу (рис. 2б), общая потеря массы при нагреве (14,48 %) больше, чем у контрольных образцов без сажи (13,15 %) (рис. 2а). Это свидетельствует о том, что наноразмерные частицы сажи способствуют ускорению гидратации цемента с получением эт-

tringита, портландита, моногидроалюмината кальция, гидросиликатов кальция с общей формулой CSH (В) и других гидратных новообразований, теряющих химически связанную воду при нагревании.

Эти результаты полностью согласуются с результатами, полученными с помощью метода электронно-микроскопического анализа (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Структура цементного камня в возрасте 1 суток: а) контрольный образец (без сажи); б) образец, содержащий 0,006% масс. сажи (увеличение x200000)

На рис. 3б видна более плотная структура цементного камня у образца, содержащий 0,006 % масс. газовой сажи, по сравнению с контрольным ненаполненным образцом (рис. 3а). Помимо эффекта уплотнения структуры цементного камня

наноразмерные частицы сажи также способствуют повышению подвижности цементного теста, играя роль своеобразных «подшипников скольжения» (рис. 4) между зёрнами цемента [6, 15, 16].

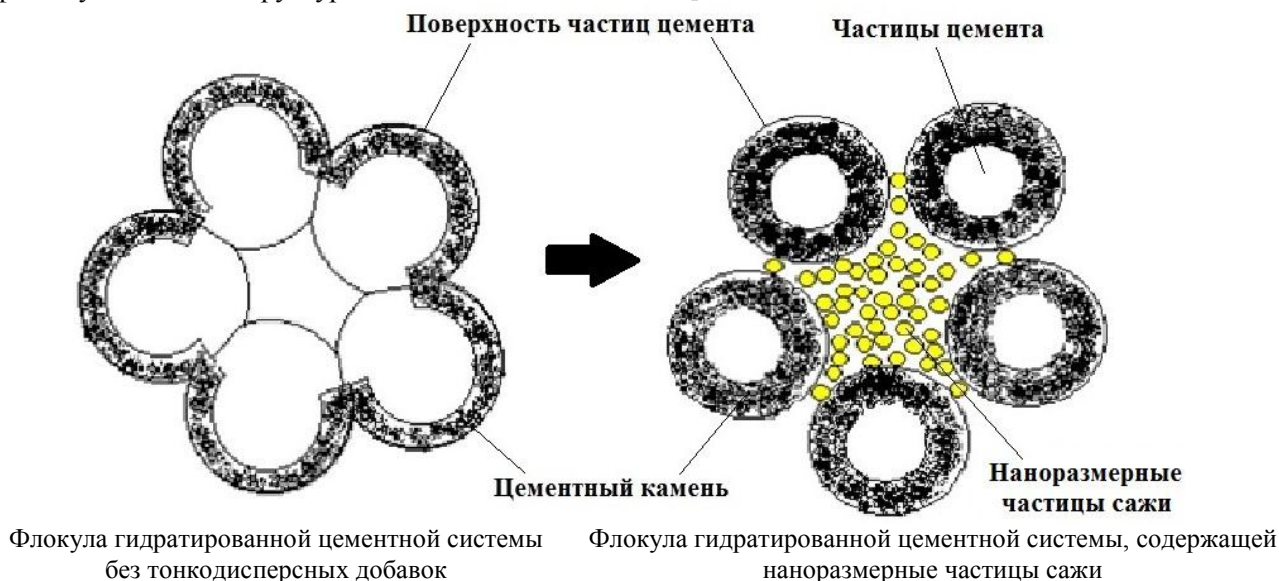


Рис. 4. Повышение подвижности цементного теста путём введения в него наноразмерных сажевых частиц

Выводы. На основе полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Наноразмерные частицы сажи способствуют ускорению процесса гидратации цемента, в результате чего повышается прочность цементного камня в раннем возрасте.

2. Прочность на сжатие цементно-песчаных образцов, содержащих газовую сажу в количествах от 0,002 до 0,01 % от массы цемента в раннем возрасте, на 18 – 79 % выше, чем у контрольных образцов без её добавки. При этом, оптимальной является добавка 0,006 % масс. сажи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nguyễn Thị Hoàn. Khảo sát vai trò của hạt nano Carbon tới một số các tính chất của xi măng Pooclăng, Đồ án tốt nghiệp, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2013, Tr 89. [Нгуен Тхи Хоан. Влияние наноразмерных частиц углерода на свойства портландцемента. Ханойский политехнический университет. 2013, 89 с.].

2. Nguyễn Quang Tùng. Khảo sát khả năng sử dụng phụ gia để tăng cường độ tuổi sớm cho đá xi măng Pooclăng hỗn hợp, Đồ án tốt nghiệp, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2013, Tr 91. [Нгуен Куанг Тунг. Возможность применения минеральных добавок для повышения прочности портландцементного камня в раннем возрасте. Ханойский политехнический университет. 2013, 91 с.].

3. Vũ Đức Trung, Đào Văn Anh. Khảo sát ảnh hưởng của đá vôi mịn, muối carbon, DEG và TEA tới một số tính chất của xi măng Quang Sơn, Đồ án tốt nghiệp, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2012, Tr 87. [Ву Дук Чунг, Ван Ань Дао. Исследование влияния добавления известняка и углеродной сажи на свойства цемента «Куанг Сон» с помощью метода дифференциального термического анализа (DEG и TEA). Ханойский политехнический университет. 2012, 87 с.].

4. Баженов Ю.М. Современная технология бетона // Совместный международный научный симпозиум «Научные достижения в исследованиях о новых современных строительных материалах». Ханой. 2006. С. 12-18.

5. Баженов Ю.М., Нгуен Динь Чинь, Нгуен Тхе Винь. Высокопрочные бетоны с комплексным применением золы рисовой шелухи, золы-уноса и суперпластификаторов // Вестник МГСУ. 2012. №1. С. 77–82.

6. Phạm Hữu Hanh. Bê tông cường độ cao- Bê tông chất lượng cao. Trường Đại học Xây dựng- Hà Nội. 2009, tr.80. [Фам Хью Хань. Высокопрочные и высококачественные бетоны // Строительный университет. Ханой. 2009, 80 с.].

7. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны // М.: Изд. АСВ. 2006, 370 с.

8. Баженов Ю.М. Использование наносистем в строительном материаловедении // Вопросы применения нанотехнологий в строи-

тельстве: Сб. докладов участников круглого стола. М.: МГСУ. 2009. С. 4–8.

9. Алексахин С.В., Булгаков Б.И. Мелкозернистый бетон для гидротехнического строительства, модифицированный комплексной органоминеральной добавкой // Вестник МГСУ. 2013. № 8. С. 97–103.

10. Лесовик В.С., Кучеров Д.Е. Классификация активных минеральных добавок для композиционных вяжущих с учетом генезиса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 10–14.

11. Трунов П.В. Композиционные вяжущие с использованием вулканогенно-осадочных пород Камчатки и мелкозернистые бетоны на их основе // Дис... д.т.н., Белгород. 2014, 161 с.

12. Данилин Л.Д., Дрожжин В.С., Куваев М.Д., Куликов С.А., Максимова Н.В., Малинов В.И., Пикулин И.В., Редюшев С.А., Ховрин А.Н. Полые микросферы из зол- уноса - многофункциональный наполнитель композиционных материалов // Цемент и его применение. 2012. №4. С. 100–105.

13. Баженов Ю.М. Технология бетона // Изд., АСВ. М., 2011, 524 с.

14. Воронин В.В. Эффективные добавки

для вяжущих веществ и бетонов // Совместный международный научный симпозиум «Научные достижения в исследованиях о новых современных строительных материалах». Ханой. 2006. С. 98–105.

15. Bùi Danh Đại. Phụ gia khoáng hoạt tính cao cho bê tông chất lượng cao. Trường Đại học Xây Dựng - Hà Nội. 2010, tr.70. [Буй Дань Дай. Высокоактивные минеральные добавки для получения высококачественного бетона // Строительный университет. Ханой. 2010, 70 с.].

16. Wanga A., Zhangb C., Suna W. Fly ash effects II. The active effect of fly ash // Cement and Concrete Research. 2004. Vol. 34. P. 2057–2060.

17. Tạ Ngọc Dũng, Nguyễn Văn Hoàn, Trần Tử Hùng, Nguyễn Thị Hoàn. Phụ gia siêu mịn cải thiện cường độ sớm của đá xi măng. Hội nghị Khoa học kỷ niệm 50 năm Viện KHCN Xây dựng, Hà Nội, 11-2013, Tr. 95-99. [Та Нгок Зунг, Нгуен Ван Хоан, Тран Хунг Ту, Нгуен Тхи Хоан. Сверхтонкие добавки, повышающие прочность цементного камня в раннем возрасте. Пятидесятая научная конференция Института науки и технологии строительства. Ханой, 11–2013, С. 95–99].

Bulgakov B.I., Tang Van Lam, Alexandrova O.V.

EFFECT OF NANO-SIZED CARBON-BLACK PARTICLES ON THE STRENGTH OF CEMENT PASTE AT EARLY AGE

Most modern cements contain various additives which improve the properties of both the binders and concrete mixes and concrete.

One of the main purposes of their use is the tendency to accelerate the processes of formation of structure and, thereby, increase the cement stone strength at an early age (the age of 1, 3 and 7 days), it is undoubtedly important for builders and manufacturers of precast concrete, as thus reducing time to achieve its demoulding and handling strength.

As a result of experimental studies found that Portland cement modification is very small amount of fine carbon-black (up to 0.01 % by weight of cement) of the cement stone can increase the compressive strength at an early age by 18 ÷ 79 %. In this case, the optimal additive is 0.006 mass% of carbon black.

Key words: cement stone, nano-sized particles, strength at an early age, fine supplements, carbon-black, specific surface area.

Булгаков Борис Игоревич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: fakultetst@mail.ru

Танг Ван Лам, аспирант кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: lamvantang@gmail.com

Александрова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: aleks_olvl@mail.ru

Дребезгова М.Ю., аспирант,
Чернышева Н.В., д-р техн. наук, доц.,
Герасимов А.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

mdrebezgova@mail.ru

В статье приведен анализ отечественного и зарубежного опыта применения гипсовых материалов в монолитном строительстве. Создание водостойких композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) способствует более широкому их использованию при возведении ограждающих конструкций малоэтажных зданий и уже сейчас может создать реальный вклад в реализацию национальной программы «Доступное и комфортное жилье».

Ключевые слова: малоэтажное строительство, гипсовые материалы.

Особое место в малоэтажном строительстве занимают строительные системы с использованием гипсовых вяжущих и бетонов на их основе, создающих комфортные условия проживания в домах, такие же, как и в домах из дерева. Гипсовые и гипсобетонные дома обладают отличными, уникальными экологическими, энергоэффективными, экономическими характеристиками и в полной мере соответствуют требованиям идеологии 3-Э. Широкая распространенность месторождений гипсового камня, наличие большого количества гипсодержащих отходов, низкая энергоемкость и простота производства, а также способность бетонов на основе гипсовых вяжущих быстро схватываться и твердеть в воздушно-сухих условиях (в сравнении с портландцементом) позволяет отказаться от

тепловой обработки при изготовлении из них изделий и создает широкие возможности их использования в сборном, монолитном и сборно-монолитном исполнении [1–19].

Положительные свойства гипсовых композиционных материалов (широкий диапазон марочной прочности, невысокая плотность и теплопроводность, звукоизолирующие свойства, отсутствие усадочных деформаций, хорошая огнестойкость, экологическая чистота, положительное влияние на здоровье людей путем создания в помещениях благоприятного микроклимата и др.) позволяют строить дома III, а при современных научных достижениях даже II класса капитальности, а также сохранять и повышать эксплуатационные качества зданий и комфорт их внутренней среды (рис. 1).



Рис. 1. Преимущества применения композиционных гипсовых материалов в малоэтажном строительстве

Огромный опыт в прошлые годы строительства малоэтажных домов из гипсобетона [1, 6] в нашей стране забыт из-за не востребованности. Начало организованного строительства одноэтажных домов и опытных зданий высотой в два этажа со стенами из гипсобетона относится к 1919–1936 годам. Для кладки стен, как правило, использовали камни или блоки (сплошные) из бетона на строительном гипсе с органически-

ми (солома, опилки и др.) и неорганическими (в основном шлак) заполнителями. Для повышения водостойкости этих изделий в ряде случаев смешивали гипсовое вяжущее (85...90%) с негашеной известью (10...15%).

В 30-х годах XX века наряду с обычным гипсовым вяжущим в строительстве начали применять гажу (смесь сернокислого кальция и глины), громадные залежи которой были обна-

ружены в Закавказье, Закаспии и других местах, а в Средней Азии – ее разновидности: ганч (камневидная порода, состоящая из двуводного гипса и лесса) и арзык (такая же порода, но сыпучая).

В центральных районах России глиногипс использовали не только для штукатурных работ, но и для производства стеновых материалов для малоэтажного строительства.

С 1936 года (в г. Куйбышеве) построены десятки домов «литым способом» методом передвижной опалубки с трамбованием гипсошлаковой массы.

Особенно ценным является опыт в связи с экстремальным малоэтажным строительством из гипсобетона в годы войны и массовым перемещением людей и промышленности на Восток в 1941–1945 годах. Многие здания, построенные в тот период в городах Башкирии, Казахстане, Астраханской области, на Урале из блоков, литьем, а также трамбованием из жесткого гипсобетона в опалубке, при грамотном возведении продолжают успешно служить до настоящего времени [1].

В послевоенный период, важнейшей задачей которого являлось быстрое и экономичное восстановление и строительство жилых и производственных зданий, резко возросло использование эффективных местных строительных материалов, среди которых не последнее место занимает гипс. Основным направлением строительства в послевоенные годы был монтаж зданий из крупноразмерных конструкций, поэтому начали выпускать крупноразмерные гипсобетонные изделия для индустриального строительства, в том числе панельные перегородки размером на комнату.

Наряду с заводскими изделиями в это время применялись и литые перегородки и перекрытия из гипсоизвестково-шлакового раствора. В Башкирии (1952–1954 г.г.) методом литья при строительстве двух- и трехэтажных жилых домов было использовано более 70 тыс. м² перегородок и перекрытий.

В 50-х годах XX века в нашей стране были созданы ГЦПВ, ГЩЦП, ГИЩВ, а в конце этого же века КГВ низкой водопотребности, позволившие значительно расширить области применения гипсовых материалов и изделий в строительстве, в том числе в наружных и ограждающих конструкциях. В 90-х годах возрождению роли гипсобетона в строительстве в значительной степени способствовало создание ГЦП вяжущих нового поколения – водостойких гипсовых вяжущих низкой водопотребности (КГВ) [3, 6, 24], а также опыт применения материалов и изделий на их основе.

На сегодняшний день, благодаря многолетним отечественным и зарубежным результатам научных исследований в этой области, а также опыту применения гипсовых материалов в строительстве показано, что они характеризуются совершенно новым уровнем как технологических, так и технических свойств по сравнению с ранее известными материалами и отличаются повышенными эксплуатационными свойствами [2–10].

Благодаря КГВ нового поколения значительно расширены традиционные области применения материалов и изделий на гипсовом вяжущем, в том числе в наружных и внутренних несущих конструкциях (стены, перегородки, перекрытия, сборные и монолитные и др.) и в зданиях с относительной влажностью воздуха более 60 %.

Эти вяжущие особенно эффективны при монолитном строительстве, так как позволяет осуществлять зимнее бетонирование безобогревным способом, исключая применение утепленной опалубки и противоморозных добавок, что подтверждено опытным строительством [20–26].

Одним из подтверждений применения тяжелого бетона на КГВ в монолитном строительстве, в том числе при возведении перекрытий, служат результаты 25-летних наблюдений за участком перекрытий из тяжелого бетона марки 200 в 16-этажном монолитном доме в г. Лосино-Петровском (Московская область). Опыт формирования такого перекрытия показал, что применение быстротвердеющего тяжелого бетона на КГВ вместо бетона на портландцементе значительно сокращает сроки строительства (в 4 и более раз) [19].

Среди зарубежных стран наибольшее применение гипсовые материалы и изделия получили в США. С 30-х годов в этой стране начали широко применяться гипсовые вяжущие, в том числе при оштукатуривании и возведении стен монолитным способом, на устройство перекрытий на месте строительства, в сухих смесях для самонивелирующихся полов, укладку которых производят даже при температуре 0 °С., и др.

В Канаде гипсобетон применяют при изготовлении наружных стеновых панелей малоэтажных зданий (высотой на этаж) монолитным способом.

Достаточно широко гипсовые материалы применяется во Франции для возведения стен малоэтажных зданий, а также для устройства монолитных полов методом трамбования. Достаточно отметить, что около 75 % зданий Парижа построено на гипсовом растворе.

В Австралии в последние годы из гипсобетона возводят здания из блок-комнат, изготовленных на заводах монолитным способом.

В Польше малоэтажные здания и сооружения строят из монолитного гипсобетона или из сборных гипсобетонных элементов. Монолитным способом возводят стены в передвижной и скользящей опалубках. Способом тромбования (преимущественно из эстрих-гипса) укладывают бесшовные полы или основания под полы.

Учитывая ситуацию, складывающуюся в цементной промышленности, рост цен на портландцемент и возможный дефицит его поставок, применение КГВ может стать своевременным решением в выборе материала для широкого круга строительных конструкций.

Натурные наблюдения и лабораторные исследования полностью подтверждают достаточную долговечность строительных конструкций из различных гипсовых композиционных материалов при длительной эксплуатации. Но, несмотря на огромные потенциальные возможности этих материалов, особенно на основе водостойких КГВ, в настоящее время в строительных системах (СС) для малоэтажного строительства их применение недостаточно [1].

Таким образом, создание водостойких композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) способствует более широкому их использованию при возведении ограждающих конструкций малоэтажных зданий и уже сейчас может создать реальный вклад в реализацию национальной программы «Доступное и комфортное жилье». Прежде всего, это значительное снижение стоимости квадратного метра жилья за счет эффективной механизации работ и применения местных строительных материалов, к которым относятся гипсовые вяжущие и минеральные добавки в составе КГВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ферронская А.Ф. Гипс в малоэтажном строительстве. М.: Изд. АСВ, 2008. 240 с.
2. 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.
3. Чернышева Н.В. Стеновые материалы повышенной водостойкости на композиционном гипсовом вяжущем // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С. 57-60.
4. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. Стеновые материалы на композиционном гипсовом вяжущем для малоэтажного строительства // Современные строительные смеси. 2015. № 3. С. 19-21.
5. Глаголев Е.С. Высокопрочный мелкозернистый бетон на композиционных вяжущих и

техногенных песках для монолитного строительства: дис.... канд. техн. наук. Белгород. 2010. 206 с.

6. 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. ISBN 978-5-361-00296-2

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

8. Филоненко К.А. Некоторые аспекты применения вяжущих веществ в монолитном строительстве // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 8 (103). С. 132-140.

9. 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.

10. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Клименко В.Г.. Процессы структурообразования гипсо-содержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №4. С. 3-11.

11. Юй Ц.Л., Спеш П., Броуэрс Й. Разработка ультралегкого бетона для монолитных бетонных конструкций // Вестник Московского государственного строительного университета. 2014. № 4. С. 98-106.

12. Шигапов Р.И., Бабков В.В., Халиуллин М.И. Использование пеногипса в малоэтажном строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2. С. 211-217.

13. Чернышева Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости композиционного гипсового вяжущего // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №7. С. 53-56.

14. Лесовик В.С., Гридчина А.А. Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов // Строительные материалы. 2015. № 8. С. 81-83.

15. Мамочкин С.А. Низкомарочный монолитный бетон для малоэтажного строительства // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 7 (20). С. 31-33.

16. Сованн Ч. Мелкозернистый фибробетон для монолитного строительства в Камбодже // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Милли-

онщикова», (Грозный, 24-26 мар. 2015 г.), Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. Т.1. С. 417–424.

17. Чернышева Н.В., Дребезгов Д.А. Свойства и применение быстротвердеющих композитов на основе гипсовых вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 125–133.

18. Лосев Ю.Г., Ермаков В.В. Анализ современных строительных систем монолитного малоэтажного строительства // Образование, наука, производство и управление. 2011. Т. II. С. 20–25.

19. Румянцев Б.М., Федулов А.А. Перспективы применения гипсовых материалов в высотном строительстве // Строительные материалы. 2006. С. 22–24.

20. Гаврикова Т.А., Яворский А.А., А.Н. Смирнов. Об эффективности технологии малоэтажного домостроения с использованием несъемных опалубочных блоков / Строительство и архитектура: сб. материалов квалификационных и научных работ студентов и магистрантов // ННГАСУ, Н. Новгород. 2003. Вып. 5. С. 88–91.

21. Афанасьев А.А. Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 384 с.

22. Хамидов М.А., Гишлакаева М.И., Хасиев Р.М. Современные материально-

технологические подходы к монолитному домостроению // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», (Грозный, 24-26 мар. 2015 г.), Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. Т.2. С. 582–590.

23. Несветайло В.М. Инновационная технология монолитного бетона // Технологии бетонов. 2014. № 6 (95). С. 40–43.

24. Коровяков В.Ф. Роль научно-технического сопровождения в повышении качества монолитного строительства // Технологии бетонов. 2014. № 12 (101). С. 20–21.

25. Муртазаев С.А.Ю., Хасиев Р.М., Хамидов М.А. К вопросу о подходах по применению опалубочных систем в современном монолитном малоэтажном строительстве // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова. 2013. № 12,13. С. 170–178.

26. Абрамян С.Г., Ахмедов А.М., Халилов В.С., Уманцев Д.А. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 36 (55). С. 231–239.

Drebezgova M.Y., Chernysheva N.V., Gerasimov A.V.

DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE OF THE USE OF GYPSUM MATERIALS IN THE MONOLITHIC CONSTRUCTION

The article provides an analysis of domestic and foreign experience in the application of gypsum materials in monolithic construction. Creating a reconstituted composite gypsum binders (HAC) helps their wider use in the construction of low-rise buildings walling and can now create a real contribution to the implementation of the national program "Affordable Housing".

Key words: low-rise construction, plaster materials

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

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

Герасимов Александр Владимирович, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: alexandrplanet@mail.ru

DOI: 10.12737/22242

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

СТЕНОВАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

bondarenko-71@mail.ru

Исследовано влияние отходов обогащения железистых кварцитов КМА на эксплуатационные показатели стеновой керамики на основе глин Белгородской области. Показано, что отдельные фракции отходов обогащения железистых кварцитов КМА интенсифицируют процессы спекания и накопления стеклофазы в стеновой керамике. Использование отходов обогащения железистых кварцитов КМА позволяет существенно повысить марочную прочность стеновой керамики.

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

В настоящее время запасы высококачественного сырья истощились, а в Белгородской области месторождения высококачественных глин практически отсутствуют. В этой связи изыскание возможности использования местных источников глинистого сырья является актуальной задачей [1–4].

Рост покупательной способности населения страны вызывает увеличение объемов жилищного строительства и повышенный спрос на строительные материалы, в том числе стеновую керамику [5–7].

Кроме того, ухудшение экологической обстановки в нашей стране требует утилизации и промышленного использования различных отходов промышленности, в том числе и горнодобывающей. В настоящее время в хранилищах промышленных предприятий накопилось более 100 млрд. тонн различных отходов. Поэтому интенсивное использование отходов промышленности строительных материалов также является перспективным направлением повышения качества и конкурентоспособности стеновых строительных материалов [8–10].

Для производства строительных материалов ежегодно в РФ добывается около 1,5 млрд. тонн нерудного сырья, в том числе глин различного минералогического состава. Однако месторождения высококачественных глин истощились, а глины с различными включениями, в том числе карбонатными, требуют значительной дополнительной технологической переработки с введением в состав керамических масс корректирующих добавок. В качестве таких добавок в работе использовали отходы обогащения железистых кварцитов КМА фракций 0,06–0,25 мм для тощих глин и фракций 0,25–1,25 мм для незапесоченных глин с низкой трещиностойкостью.

В работе изучались важнейшие физико-химические и потребительские свойства керамики и готовых изделий с отходами обогащения железистых кварцитов КМА (табл. 1).

Методом пластического формования из глин Бессоновского, Волоконовского, Терновского и Старооскольского месторождений готовили партии образцов в виде кубиков с ребром 3 см, содержащих отходы обогащения в количестве 0; 5; 10; 15 и 20 мас. % (табл. 3).

Таблица 1

Номенклатура исследуемых свойств керамики и готовых изделий

№	Объект исследования	Размерность	Наименование свойства
1	Керамика	кг/м ³	плотность
		град ⁻¹	ТКЛР
		%	огневая усадка
2	Стеновая керамика	МПа	прочность на сжатие
		МПа	прочность на изгиб
		циклы	морозостойкость
		%	водопоглощение

Статистическую обработку результатов измерений с расчетом среднеквадратичного отклонения, коэффициента вариации, доверитель-

ного интервала, точности опыта и промахов, проводили по стандартным методикам с использованием компьютерных программ.

Минералогический состав исследуемых глин представлен в таблице 2.

Таблица 2

Минералогический состав глин месторождений Белгородской области

№	Наименование глин	Содержание минералов, масс. %								
		каолинит	монтмориллонит	гидрослюда	хлорит	кварц	полевошпат	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

Высушенные образцы обжигали в муфельной печи в восстановительных условиях (тигель с углем) при температуре 1000 °С с выдержкой при максимальной температуре 2 часа. После обжига образцы испытывали на морозостойкость, прочность при сжатии и изгибе, определяли водопоглощение и объемную массу по стандартным методикам.

Введение в состав керамической массы на основе глин Бессоновского и Волоконовского месторождений 10 масс. % фракции отходов обогащения железистых кварцитов КМА 0,06–0,25 мм существенно повышает прочность при сжатии и изгибе образцов стеновой керамики.

Так, прочность при сжатии и изгибе у образцов на основе глин Бессоновского месторождения массы Б–2 составляла соответственно 20,9±0,2 МПа и 3,3±0,1 МПа против 10 МПа в стеновой керамике, полученной из необогащенного сырья. Аналогичные изменения прочности на сжатие и изгиб отмечены у керамических масс на основе глины Волоконовского месторождения. Прочность на сжатие у образцов на основе масс В–2 и В–3 составляла соответственно 29,3±0,2 МПа и 26,3±0,2 МПа.

Образцы стеновой керамики на основе масс В–2, В–3 и В–4 имели достаточно высокую прочность при изгибе, равную соответственно 4,9±0,1 МПа; 4,1±0,5 МПа и 4,0±0,5 МПа. По данным значения показателя прочности при изгибе у выше перечисленных образцов соответствовали требованиям к изделиям стеновой керамики марки М200. Нами установлено, что морозостойкость образцов на основе масс В–4, В–3, В–2 составляет соответственно 27, 35, 50 циклов замораживания–оттаивания.

Нами изучено также влияние отходов обогащения железистых кварцитов КМА фракций 0,25–1,25 мм на свойства стеновой керамики из керамических масс на основе глин Терновского и Старооскольского месторождений, так как эти глины имеют значительно меньшее количество свободного кварца, чем глины Бессоновского и Волоконовского месторождений.

Выбор фракций таких размеров основан на том, что как нами установлено ранее, в глинах Терновского и Старооскольского месторождений фракция отходов КМА 0,25–1,25 мм не только снижала чувствительность глин к сушке и повышала их трещиностойкость, но и повышала деформационную устойчивость на сжатие и изгиб. Как показали наши исследования при обжиге стеновой керамики фракция отходов КМА 0,25–1,25 мм способствовала интенсивному образованию стеклофазы в керамическом черепке, и как следствие повышению прочности на сжатие и изгиб, а также морозостойкости готовых изделий.

Оптимальное содержание отходов обогащения железистых кварцитов КМА в керамических массах Т–3 и С–3 составило 15 масс. %.

Максимальные значения прочности на сжатие и изгиб (соответственно 28,3±0,2 МПа и 5,1±0,1 МПа) и максимальное значение морозостойкости (50 циклов) наблюдалось у образцов на основе керамических масс С–3.

Аналогичные изменения показателей качества обожженной стеновой керамики также установлены для керамических масс Т2 и Т3.

Нами предложено обоснование механизма спекания керамических масс с добавками отходов обогащения железистых кварцитов КМА.

Известно, что на процессы, протекающие при спекании керамических масс, большое влияние оказывает сумма оксидов $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)$ и отношения RO/R_2O и $Fe_2O_3(FeO)/R_2O$ [11]. В исследуемых составах шихты с введением отхо-

дов обогащения железистых кварцитов КМА увеличивается сумма оксидов $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)$ и уменьшается соотношение $Fe_2O_3(FeO)/R_2O$.

Таблица 3

Шихтовой состав исследуемых масс (масс. %)

№	Наименование	Индекс массы															
		Б-0	Б-1	Б-2	Б-3	Б-4	В-0	В-1	В-2	В-3	В-4	Т-0	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	С-0
1	Глина Бессоновского месторождения	10	0	95	90	85	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Глина Волоконовского месторождения	-	-	-	-	-	10	0	95	90	85	80	-	-	-	-	-
3	Глина Терновского месторождения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	95	90	85	80	-
4	Глина Старооскольского месторождения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0
5	Отходы обогащения железистых кварцитов КМА фракций 0,25–0,06 мм	-	5	10	15	20	-	5	10	15	20	-	-	-	-	-	-
6	Отходы обогащения железистых кварцитов КМА фракций 1,25–0,25 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	10	15	20	-
	Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

С добавлением 10–20 масс. % отходов обогащения железистых кварцитов КМА в состав керамических масс сумма оксидов плавней $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)$ возрастает на 3–5 масс. %. Это способствует увеличению стеклофазы в керамике и сдвигу спекаемости керамических масс в область более низких температур.

В стеновой керамике, полученной из высококачественных глин, содержание стеклофазы обычно лежит в пределах 5–7 масс. %. Увеличение стеклофазы до 9–10 мас. % не только интенсифицирует процессы спекания, но и вызывает уплотнения кристаллической составляющей. Такое изменение обеспечивает повышение прочности при сжатии и изгибе, а также морозостойкость. Однако при дальнейшем накоплении стеклофазы (11–15 мас. %) в условиях повышенной пористости происходит одновременно несколько процессов: разрушение части кристаллического каркаса, уменьшение пористости за счет накопления стеклофазы в канальных порах, образование замкнутых пор и их увеличение за счет вязкости стеклофазы. Это в свою очередь приводит к снижению прочности при сжатии и изгибе, а также морозостойкости, что наблюдается у керамических масс Б-4, В-4, Т-4 и С-4 с содержанием 20 % отходов обогащения железистых кварцитов КМА.

Кроме того, так как в промышленных условиях обжиг стеновой керамики обычно проводят в восстановительных условиях, то это способствует частичному восстановлению трехвалентного железа в двухвалентное.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить положительное влияние фракций 0,06–0,25 мм и 0,25–1,25 мм отходов обогащения железистых кварцитов КМА на эксплуатационные показатели стеновой керамики на основе местных 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 отходов 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. Бессмертный В.С., Пучка О.В., Кеменов С.А., Бондаренко Н.И., Табит Салим А.А. Плазмохимическая модификация стеновых строительных материалов с отходами обогащения железистых кварцитов КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 21–24.

7. 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.

8. Гридчин А.М., Лесовик Р.В., Ряпухин Н.В. Свойства мелкозернистых бетонов с использованием техногенных пород КМА. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. 62 с.

9. 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.

10. 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.

11. Руденко Т.С., Скоморовская Л.А., Нестерцов А.И. Низкотемпературные массы для керамических плиток // Физикохимия композиционных строительных материалов. Белгород: БТИСМ, 1989. С. 76–84.

Bessmertny V.S., Bondarenko N.I., Sokolova O.N., Bondarenko D.O., Klimenko V.G.

WALL CERAMICS ON THE BASIS OF LOCAL SOURCES OF RAW MATERIALS AND WASTE OF ENRICHMENT OF THE KMA FERRUTEROUS QUARTZITES

Influence of waste of enrichment of the KMA ferruteroous quartzites on operational indicators of wall ceramics on the basis of clays of the Belgorod region is investigated. It is shown that separate fractions of waste of enrichment of the KMA ferruteroous quartzites intensify processes of agglomeration and accumulation of a steklofaza in wall ceramics. Use of waste of enrichment of the KMA ferruteroous quartzites allows to raise a marochnost of wall ceramics significantly.

Key words: clay raw materials, clay, ferruteroous quartzites, operational 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

Клименко Василий Григорьевич, 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: Klimenko3497@yandex.ru

DOI: 10.12737/22318

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Гридчин А.М., д-р техн. наук, проф.,
Лесовик Г.А., канд. техн. наук, доц.,
Ерофеева И.В., канд. техн. наук, доц.,
Магомедов З.Г., магистрант,
Кучерова А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА – СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ*

LHZ47@mail.ru

В соответствии с методологией системных исследований при конструировании сухих строительных смесей с требуемыми свойствами определена система и проведен ее системно-структурный анализ, выявлена взаимосвязь структурных элементов с физико-техническими и эксплуатационными свойствами полученного композита. Системно-структурные подходы применительно к рассмотрению и созданию сухих строительных смесей заключаются в представлении данного объекта как динамической системы, которая обладает определенной целостностью, выделенной из окружающей среды; которая требует построения иерархии системно-структурных уровней изучаемой системы, начиная с исходных сырьевых компонентов (вяжущих, заполнителей, наполнителей, функциональных добавок), принципов их выбора и подготовки к производству, технологических процессов приготовления сухой смеси; последующего приготовления растворной смеси и до укладки раствора в соответствии с назначением и всех взаимосвязей, развивающихся и трансформирующихся по принципу «система в системе» и адаптирующихся в материале в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: системно-структурный анализ, сухая строительная смесь, система технологическая, система техническая, динамическая система, иерархия системы.

Введение. В соответствии с методологией системных исследований при конструировании композиционного материала с требуемыми свойствами необходимо провести системно-структурный анализ системы, выявить взаимосвязь структурных элементов с физико-техническими и эксплуатационными свойствами полученного композита. Системно-структурные подходы применительно к рассмотрению и созданию ССС заключаются в представлении данного объекта, как динамической системы, которая обладает определенной целостностью, выделенной из окружающей среды; которая требует построения иерархии системно-структурных уровней изучаемой системы, начиная с исходных сырьевых компонентов (вяжущих, заполнителей, наполнителей, функциональных добавок), принципов их выбора и подготовки к производству, технологических процессов приготовления сухой смеси; последующего приготовления растворной смеси и до укладки раствора в соответствии с назначением и всех взаимосвязей, развивающихся и трансформирующихся по принципу «система в системе» и адаптирующихся в материале в процессе эксплуатации.

Методология. В работе используется направление системных исследований, ориентированное на проектирование структур системы

строительных растворов на основе сухих смесей – системно-структурный анализ.

Основная часть. Сухие строительные смеси и технология их приготовления и эксплуатации может быть разбита на три самостоятельные системы (рис. 1): две технологические – «сухая строительная смесь» и «строительный раствор» и техническую – «затвердевший строительный раствор».

1. Технологическую – «сухая строительная смесь», как определенный перечень и последовательность технологических процессов получения заданного материала с вещественными, энергетическими и информационными связями в процессе создания.

2. Технологическую – «строительный раствор», как некоторую промежуточную систему, которая обладает определенным набором технологических свойств для приготовления, формирования или укладки раствора в конструкцию.

3. Техническую – «затвердевший строительный раствор», как элемент строительной конструкции или размещенный в строительной конструкции и обладающий требуемым набором эксплуатационных свойств.

«Сухой строительной смеси» как технологической системе присущи следующие черты.

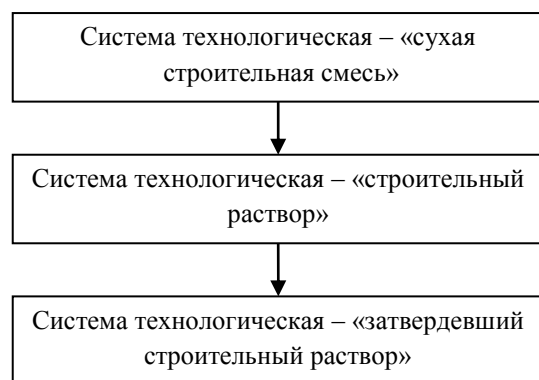


Рис. 1. Системно-структурный подход к анализу композиционного материала

1. Определенная целостность (единство) – четкая последовательность технологических процессов приготовления сухой смеси и граничные условия управления процессом приготовления.

2. Сложность поведения системы – образование упорядоченных структур происходит в зависимости от состояния равновесия.

3. Стохастическая природа возможных взаимодействий внешней среды – технологических параметров, связанных с неконтролируемыми колебаниями температуры, влажности, давления. Изменение влажности исходных ингредиентов и условий смешивания их определяет флуктуационные колебания, приводящие к образованию устойчивых структур.

4. Иерархия системы может быть представлена в виде отдельных технологических операций, определяющих состояние системы. Технологические операции сушки и смешивания, а также свойства исходных сырьевых компонентов определяют реологические параметры растворной смеси, как промежуточной подсистемы при переходе к конечному продукту – технической системе «затвердевшему строительному раствору». К основным технологическим операциям этой системы можно отнести: подготовка исходных сырьевых компонентов, сушка, дозирование, процесс перемешивания и затаривание готовых смесей в герметичные емкости для последующей доставки материала и укладки (система «строительный раствор»). Для каждой технологической операции система может быть разбита на технические подсистемы.

«Строительному раствору» как технологической системе свойственны следующие признаки.

1. Определенная целостность (единство) – наличие у всей системы единой цели, общего назначения – определенный перечень и строгая последовательность процессов получения и укладки строительного раствора с требуемыми технологическими свойствами.

2. Сложность поведения системы. Простые структуры, из которых формируется система, обладает взаимопроницающим влиянием.

3. Стохастическая природа возможных воздействий внешней среды влияет на технологические характеристики, температура и влажность в процессе твердения материала могут повлиять на требуемые эксплуатационные показатели материала.

4. Система может быть отнесена к динамическим системам, так как структура и связи системы изменяются во времени в процессе проведения технологических операций.

5. Иерархия системы может быть представлена в виде отдельных структур: цементного раствора, пограничного слоя между цементным раствором с наполнителем и заполнителем и непосредственно наполнителем и заполнителем.

«Затвердевшему строительному раствору» как технической системе характерны следующие черты.

1. Определенная целостность (единство) – наличие у всей системы общей цели, общего назначения. Функциональное назначение материала определяется его составом, структурой, физико-механическими характеристиками, сформированными в процессе получения сухой смеси и укладки строительного раствора в конструкцию.

2. Сложность поведения системы. Изменение и формирование внутренней структуры материала изменяет основные физико-механические и эксплуатационные свойства затвердевшего раствора.

3. Стохастическая природа возможных воздействий внешней среды, связана с неконтролируемыми колебаниями температуры, влажности, давления с изменением основных свойств материала. При изменении влажности происходит адсорбция воды в порах, что ведет к увеличению теплопроводности, попеременное замораживание-оттаивание снижает прочность материала и т.д.

4. Система может быть отнесена к динамическим системам. «Затвердевший строительный раствор», как композиционный материал, полученный из цементного вяжущего имеет способность изменять свои свойства (в основном, прочность, морфологию гидратных новообразований, плотность цементного камня в течение длительного времени за счет процессов гидратации вяжущего).

5. Иерархия системы может быть представлена в виде трех уровней: макро-, микро- и субмикроуровня, переходящих один в другой по принципу «структура в структуре» с преде-

лом измерений соответственно: $0,14...5 \times 10^3$ м; $10^{-9} ... 10^{-7}$ м; менее 10^{-9} м. На субмикроуровне при гидратации композиционных наноструктурированных вяжущих возникают потенциальные возможности проявления свойств наноразмерных частиц, что позволяет существенно улучшить свойства материалов по сравнению с традиционными материалами, состоящими из частиц обычных размеров. При использовании наноструктурированных вяжущих не только уплотняется микроструктура структура раствора, но также способствует развитию в нем пуццолановой активности.

Свойства затвердевшего строительного раствора как технической системы полностью зависят от состояния и параметров предшествующих двух технологических систем: «сухая строительная смесь», «строительный раствор». Из этого следует, что для получения качественного «затвердевшего строительного раствора», как композиционного материала с заданными свойствами необходимо детально изучить технологические системы на стадии получения материала и его использования с целью установления взаимосвязи технологических параметров и конечных свойств композиционного материала.

Известно, что композиционными материалами признаются материалы, у которых в результате самоорганизации структуры и проявления особых внутрискруктурных эффектов значительно усиливаются технические свойства по сравнению с отдельно взятыми компонентами [1].

При приготовлении ССС мы имеем дело с композиционным материалом, образующимся в результате смешения тонкодисперсных наполнителей с вяжущим, затем полученная смесь совмещается с технологическими и структурообразующими добавками (пластификаторами, поробразователями, стабилизаторами и т.д.) и усиливающими компонентами (зернистыми, пористыми, волокнистыми и другими наполнителями). В системах, полученных смешением разнородных, разнородных, разнообъемных компонентов проявляется синергетический эффект, обусловленный ориентацией структурных звеньев связующего. Длительное время считалось, что синергетика имеет место преимущественно в полимерных системах [2]. Электронные исследования микроструктур материалов на минеральных вяжущих показали, что в зоне контакта с усиливающими компонентами на микроуровне вяжущие проявляют склонность к образованию звеньевых цепочек полимерподобной формы и на границе с зёрнами наполнителя образуются сростки кристаллов линейного типа.

В связи с вышеизложенным были поставлены следующие задачи:

- исследование закономерностей самоорганизации многокомпонентных цементных композиций с учетом генетических особенностей компонентов;
- исследование и анализ физико-химических процессов, протекающих на поверхности и в объеме многофазных дисперсных систем;
- на основе выявленных закономерностей установить принципы проектирования новых эффективных материалов и разработать технологию производства сухих строительных смесей с прогнозируемыми свойствами.

В соответствии с поставленными задачами предложенные принципы проектирования были проверены в многочисленных исследованиях и получены строительные растворы с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами [3–20].

Выводы. В соответствии с методологией системных исследований при конструировании сухих строительных смесей с требуемыми свойствами определена система, проведен ее системно-структурный анализ, выявлена взаимосвязь структурных элементов с физико-техническими и эксплуатационными свойствами полученного композита. Предложенные системно-структурные подходы применительно к рассмотрению и созданию сухих строительных смесей заключаются в представлении данного объекта как динамической системы, которая обладает определенной целостностью, выделенной из окружающей среды; которая требует построения иерархии системно-структурных уровней изучаемой системы, начиная с исходных сырьевых компонентов (вяжущих, заполнителей, наполнителей, функциональных добавок), принципов их выбора и подготовки к производству, технологических процессов приготовления сухой смеси; последующего приготовления растворной смеси и до укладки раствора в соответствии с назначением и всех взаимосвязей, развивающихся и трансформирующихся по принципу «система в системе» и адаптирующихся в материале в процессе эксплуатации.

**Работа выполнена в рамках договора РФФИ №14-41-08002 «Теоретические основы проектирования и создания интеллектуальных композитов заданными свойствами» и г/б НИИР №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. Хрулев В.М. Развитие представлений о композиционных материалах в строительном материаловедении // Строительные материалы. №8. 2004. С. 28–29.
2. Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства: учебное пособие для строит.-технол. спец. вузов. Уфа: ТАУ. 2001. 168 с.
3. 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.
4. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., И.Г. Лугинина. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 53–57.
5. Лесовик В.С., И.Л. Чулкова. Управление структурообразованием строительных композитов: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 462 с.
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. 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.
9. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуrow 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.
10. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Д.А. Беликов К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва.- 2014.- С. 112-119.
11. 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.
12. Kuprina A.A., Kuprina A. A., Lesovik V. S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. С. 816-819.
13. Lesovik V. S., Chulkova I. L., Zagorodnyuk L. Kh., Volodchenko A. A., Popov D. Y. Lesovik V. S. 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. С. 1100-1105.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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 // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 779–783.
20. 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.

Zagorodniuk L.Kh., Gridchin A.M., Lesovik, G. A., Erofeeva I.V., Magomedov Z.G., Kucherov A.S.
SYSTEMIC-STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPOSITE MATERIAL – DRY MORTAR

In accordance with the methodology of systematic research in the design of dry construction mixtures with required properties defined system and conducted systematic structural analysis, the interrelation of the structural elements with physical, technical and operational properties of the obtained composite. Systemic-structural approaches with regard to the consideration and creation of dry construction mixes are the representation of this object as a dynamic system which possesses a certain integrity, isolated from the environment; which requires a hierarchy of system-structural levels of the system under study, starting with raw materials (binders, aggregates, fillers, functional additives) and principles of their selection and prepare for production, technological processes of preparation of the dry mixture; subsequent preparation of mortar mix and paving mortar in accordance with the purpose and all the relationships, developing and transforming according to the principle of "system to system" and adaptive to the material in the process of operation.

Key words: *systemic-structural analysis, dry mortar, technical system, technical system, dynamic system, the system hierarchy.*

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

Гриджин Анатолий Митрофанович, доктор технических наук, профессор.

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

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

Лесовик Галина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Ерофеева Ирина Владимировна, кандидат технических наук, доцент.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева

Адрес: Россия, 430005, ул. Большевикская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия.

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.

Кучерова Анна Сергеевна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

DOI: 10.12737/22317

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Нелубова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Боцман Л.Н., канд. техн. наук, доц.,
Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук,
Хахалева Е.Н., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ*

nelubova@list.ru

В работе обоснована возможность получения композиционных вяжущих различного состава для монолитного бетонирования, в том числе при отрицательных температурах. Получены математические модели зависимости предела прочности при сжатии и при изгибе, а также средней плотности КВ от соотношения кварцосодержащего и пластифицирующего компонентов в его составе. Разработаны составы композиционных вяжущих на основе песка Эсского месторождения, позволяющие при сохранении физико-механических характеристик бетона снизить расход цемента. Установлено влияние состава кремнеземного компонента на гранулометрию композиционного вяжущего. Изучены реотехнологические характеристики и микроструктурные особенности цементного камня различного состава.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, тонкомолотый цемент, пластификатор, кремнеземистый компонент, микроструктура, гидросиликаты кальция.

Введение. Масштабная застройка в северных регионах страны приводит к необходимости использования современных технологий строительства, а также поиск рациональных путей использования местных ресурсов. С учетом специфики природно-климатических и инженерно-геологических условий таких регионов одним из перспективных направлений является монолитное строительство, в том числе с использованием мелкозернистых бетонов. Эффективность монолитного строительства обусловлена укороченными сроками возведения объектов, снижением затрат на доставку материалов, меньшей материалоемкостью строительства, большей конструкционной надежностью зданий, их приемлемой себестоимостью и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Мелкозернистый бетон обладает рядом достоинств, обуславливающих его применение, но у него есть основной недостаток, заключающийся в повышенном расходе вяжущего. Эту проблему разрешает использование композиционных вяжущих (КВ).

Разработка и использование современных композиционных вяжущих позволяет решать ряд проблем, касающихся строительства в целом и монолитного строительства, в частности. Замена традиционного цемента КВ, эффективность которых доказана многочисленными исследованиями [1–14], позволяет повышать физико-механические и эксплуатационные характеристики бетонов на их основе, а также значительно экономить на сырьевых компонентах. В КВ, наряду с цементом, важным составляющим

является наполнитель, который может быть как природного, так и техногенного происхождения, при этом предпочтительно использование местного сырья с целью снижения транспортных затрат.

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка композиционных вяжущих для применения при бетонировании в условиях отрицательных температур на основе местного сырья с учетом особенностей его минерального состава.

Методика. Композиционные вяжущие в работе получены совместным помолотом цемента, кремнеземистого компонента и пластификатора до удельной поверхности 500–550 м²/кг. Для получения композиционных вяжущих использованы цемент ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Белгородский цемент»; песок Эсского месторождения Ханты-Мансийского автономного округа; пластифицирующая добавка «Полипласт СП-1» производства ОАО «Полипласт». Концентрацию пластифицирующей добавки определяли по растекаемости паст из тонкомолотых цементов с различным содержанием кремнеземистого компонента согласно методике, разработанной НИИЖБ Госстроя СССР с помощью миниконуса. Реотехнологические характеристики полученных связующих определяли при помощи ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1. Дисперсность композиционных вяжущих оценивали по распределению частиц по размерам, изученному на лазерном гранулометре, а также удельной поверхности, изученной методом воздухопроницаемости на приборе ПСХ-

12SP. Физико-механические свойства вяжущих (нормальная плотность, сроки схватывания, плотность, прочность на сжатие изгиб) оценивали с использованием стандартных методик, описанных в соответствующей нормативной литературе. Для оптимизации составов композиционных вяжущих применялся метод математического планирования эксперимента (второго порядка). При проведении экспериментальных исследований в качестве основного принят центральный композиционный план полного факторного эксперимента (ПФЭ).

Результаты (основная часть). Согласно полученным данным, для ТМЦ-70 и ТМЦ-50 оптимальная дозировка пластификатора Полипласт СП-1 составила 0,6 %, для ТМЦ-30 – 0,7 %.

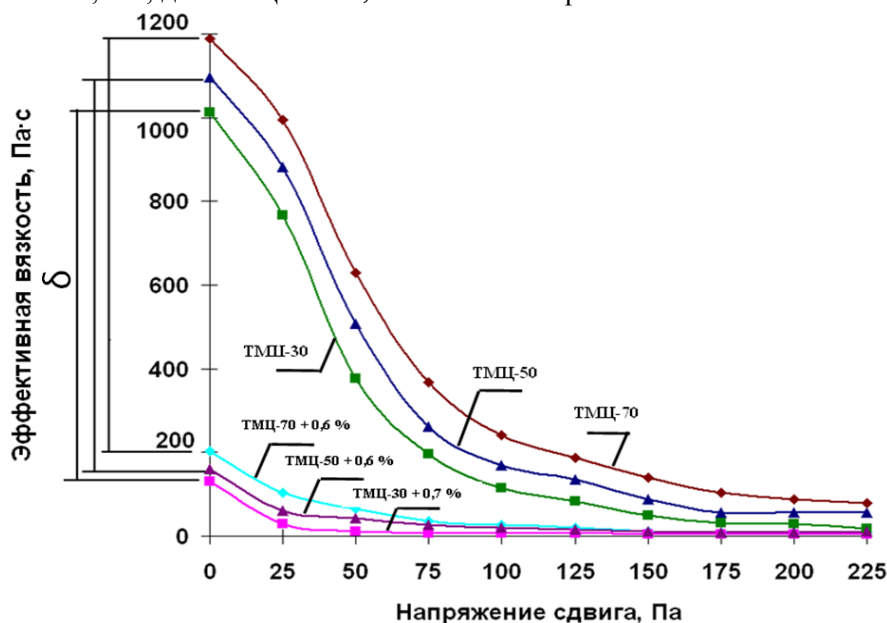


Рис. 1. Реограммы вяжущих в зависимости от состава

Анализ гранулометрического состава вяжущих с одинаковой удельной поверхностью при разном содержании кремнеземного компонента показал схожесть кривых. При этом основная масса частиц характеризуется диапазоном размеров частиц 40–60 мкм. При переходе от ВНВ-30 к ВНВ-70 заметно равномерное увеличение распределения частиц в сторону меньших значений их размеров. Увеличение содержания пластифицирующей добавки от 0,5 до 0,7 % при помоле вяжущего не повышает размо-лоспособность, о чем свидетельствует незначи-

тельное смещение распределения в сторону крупных частиц.

Анализ физико-механических характеристик композиционных вяжущих различных марок позволяет сделать вывод об их соответствии нормативных документам (табл. 1). Однако, нормальная плотность для связующих характеризуется несколько завышенными показателями, что обусловлено значительным содержанием в составе кремнеземного компонента обладающего повышенной водопотребностью.

Таблица 1

Физико-механические свойства композиционных вяжущих

Состав вяжущего	Удельная поверхность, м ² /кг	НГ, %	Сроки схватывания, мин	
			начало	конец
ВНВ-30	550	25	195	270
ВНВ-50		23	175	230
ВНВ-70		20,5	165	220

Для оптимизации состава КВ проведено математическое планирование эксперимента второго порядка. В качестве параметров оптимизации, характеризующих физико-механические показатели вяжущего, приняты: прочность на

сжатие, прочность при изгибе и средняя плотность. В качестве варьируемых факторов принято содержание кремнеземного компонента и пластифицирующей добавки (табл. 2).

Таблица 2

Условия планирования эксперимента

Фактор		Уровни варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	-1	0	1	
Количество кремнеземного компонента, %	X_1	30	50	70	20
Количество добавки, %	X_2	0,5	0,6	0,7	0,1

Уровни варьирования факторов были выбраны такими, что бы любое их сочетание, предусмотренное планом, было реализуемо на разработанных моделях и учитывает реальные технологические условия.

С целью уменьшения влияния систематических ошибок, вызываемых внешними условиями, проведена рандомизация опытов, запланированных в матрице плана экспериментов. Для этих целей использована таблица случайных чисел, по которой получена следующая последовательность опытов: 5, 7, 4, 3, 8, 2, 9, 1, 6.

Необходимое количество образцов исследуемого материала устанавливали статистическим

путем, исходя из величины характерного для данного метода испытаний коэффициента вариации $K_{вар}$ и требуемой степени точности результатов $K_{доп}$.

Для проведения эксперимента были заформованы образцы – балочки 4×4×16 см, которые подвергались тепловой обработке в пропарочной камере. В дальнейшем полученные образцы испытывались, и полученные результаты были обработаны (табл. 3). Результатом обработки экспериментальных данных стали уравнения регрессии, на основании которых и были построены номограммы (рис. 2).

Таблица 3

Свойства ВНВ в зависимости от состава

Состав вяжущего, %			Физико-механические характеристики КВ		
№ п/п	Кремнеземный компонент	Добавка СП-1	ρ , кг/м ³	$R_{изг}$, МПа	$R_{сж}$, МПа
1	30	0,5	2200	6,8	49,44
2	70	0,5	2159	3	20,97
3	30	0,7	2190	5	48,32
4	70	0,7	2160	2,7	19,34
5	50	0,6	2190	4,9	38,24
6	50	0,7	2189	4,2	31,34
7	50	0,5	2182	5,1	34,78
8	70	0,6	2160	3	23,42
9	30	0,6	2224	7,6	55,31

Для прочности на сжатие КВ уравнение регрессии в кодированном и декодированном виде имеет вид:

$$y = 38,09 - 14,89 \cdot x_1 - 1,032 \cdot x_2 + 1,347 \cdot x_1^2 - 4,96 \cdot x_2^2 - 0,1 \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$R_{сж} = 90,13 + 1,05 \cdot K - 587,4 \cdot Д - 0,003 K^2 + 496 Д^2 + 0,05 \cdot K \cdot Д$$

В кодированном и декодированном виде уравнение регрессии для прочности при изгибе КВ имеет вид:

$$y = 4,48 - 1,525 \cdot x_1 - 0,525 \cdot x_2 + 0,375 \cdot x_1 \cdot x_2$$

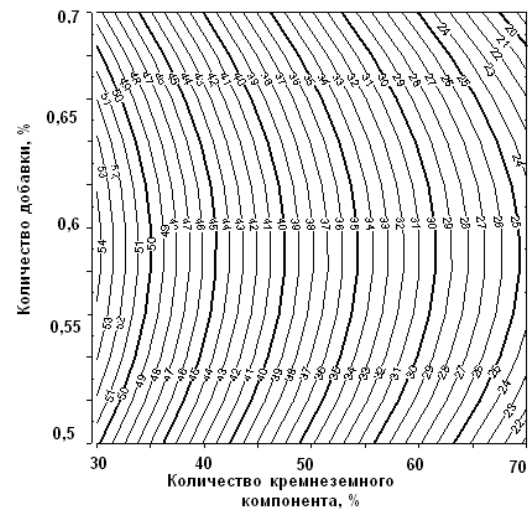
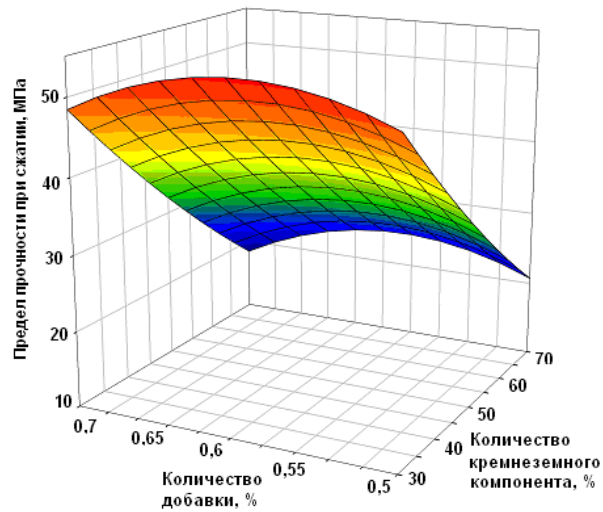
$$R_{изг} = 17,07 - 0,19 \cdot K - 14,62 \cdot Д + 0,19 \cdot K \cdot Д$$

Для средней плотности КВ уравнение регрессии в кодированном и декодированном

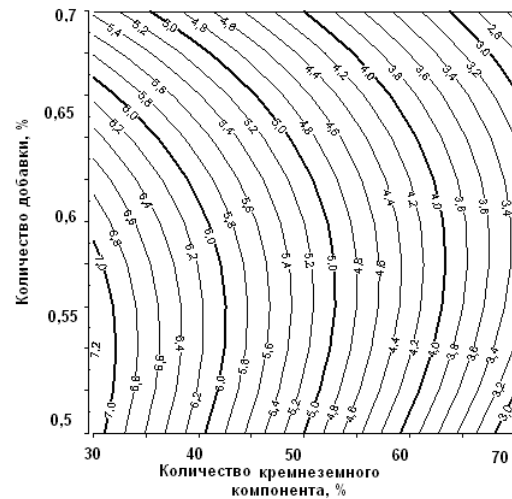
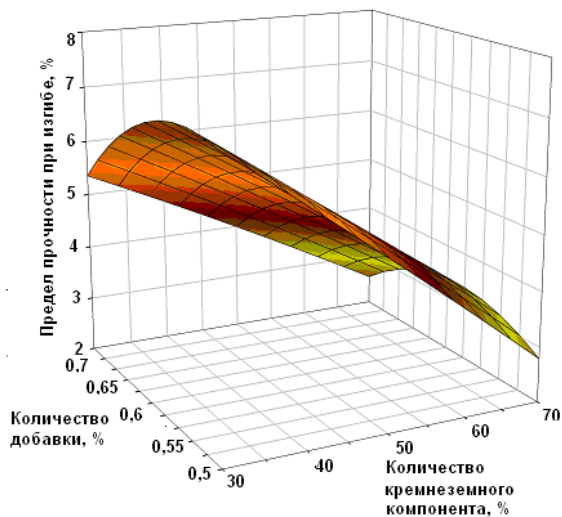
$$y = 2195 - 22,5 \cdot x_1 - 0,33 \cdot x_2 - 4,83 \cdot x_1^2 - 11,3 \cdot x_2^2 + 2,75 \cdot x_1 \cdot x_2$$

$$\rho = 1857,5 - 0,74 \cdot K + 1283,9 \cdot Д - 0,012 \cdot K^2 - 1130 \cdot Д^2 + 1,37 \cdot K \cdot Д$$

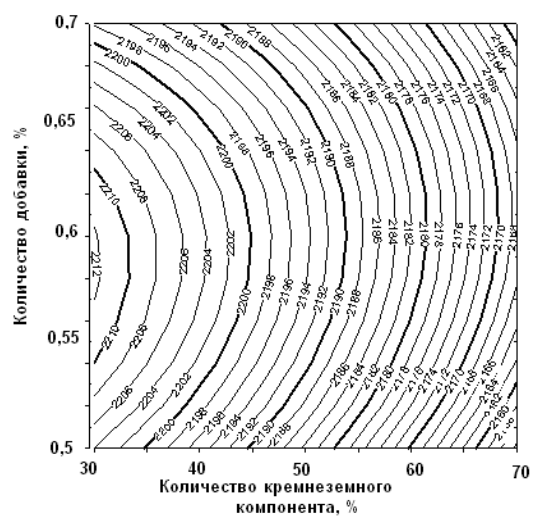
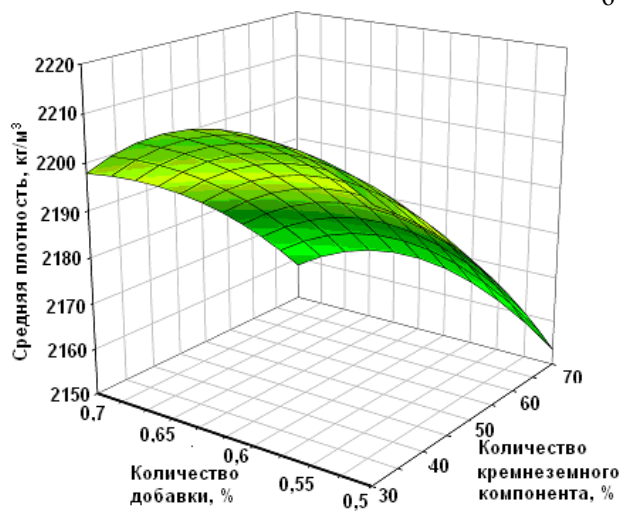
виде имеет вид:



а



б



в

Рис. 2. Влияние количества вводимых кремнеземного компонента и добавки на физико-механические свойства КВ:

а – предел прочности при сжатии, б – предел прочности при изгибе, в – среднюю плотность

Анализ полученных данных (рис. 2) показывает, что при введении 30 % кремнеземного компонента в состав ВНВ прочность вяжущего меняется в зависимости от дозировки добавки в пределах 50–55 МПа. Оптимальной дозировкой принято считать 0,6 % добавки, так как именно данное количество обеспечивает максимальную прочность при определенном количестве кремнеземного компонента.

При введении 30 % кремнеземного компонента и 0,6 % пластифицирующей добавки, возможно достичь максимальной прочности вяжущего – 55 МПа, что удовлетворяет диапазону прочностей для марки портландцемента ЦЕМ I 52,5 Н. Увеличение содержания кремнеземного компонента до 50 % при оптимальной дозировке добавки приводит к снижению активности вяжущего до 38 МПа, что обусловлено низким коэффициентом качества песка Эсского месторождения как компонента композиционного вяжущего, но несмотря на это, его можно исполь-

зовать для получения мелкозернистого бетона, приняв во внимание пониженную активность по сравнению с активностью портландцемента марки ЦЕМ I 42,5 Н. При замене 70 % цемента кремнеземным компонентом прочность вяжущего даже не достигает 25 МПа, поэтому его использование в дальнейшем не рационально.

По результатам анализа номограммы прочности при изгибе можно сделать вывод, что характер ее изменения незначительно отличается, а пик предела прочности при изгибе смещается в сторону снижения пластифицирующей добавки с 0,6 % до 0,55 %.

Сходный характер имеет номограмма зависимости средней плотности КВ от выбранных факторов. Максимальные значения в данном диапазоне соотношения компонентов наблюдаются при введении кремнеземного компонента и добавки Полипласт СП-1 – 30 % и 0,6 % соответственно.

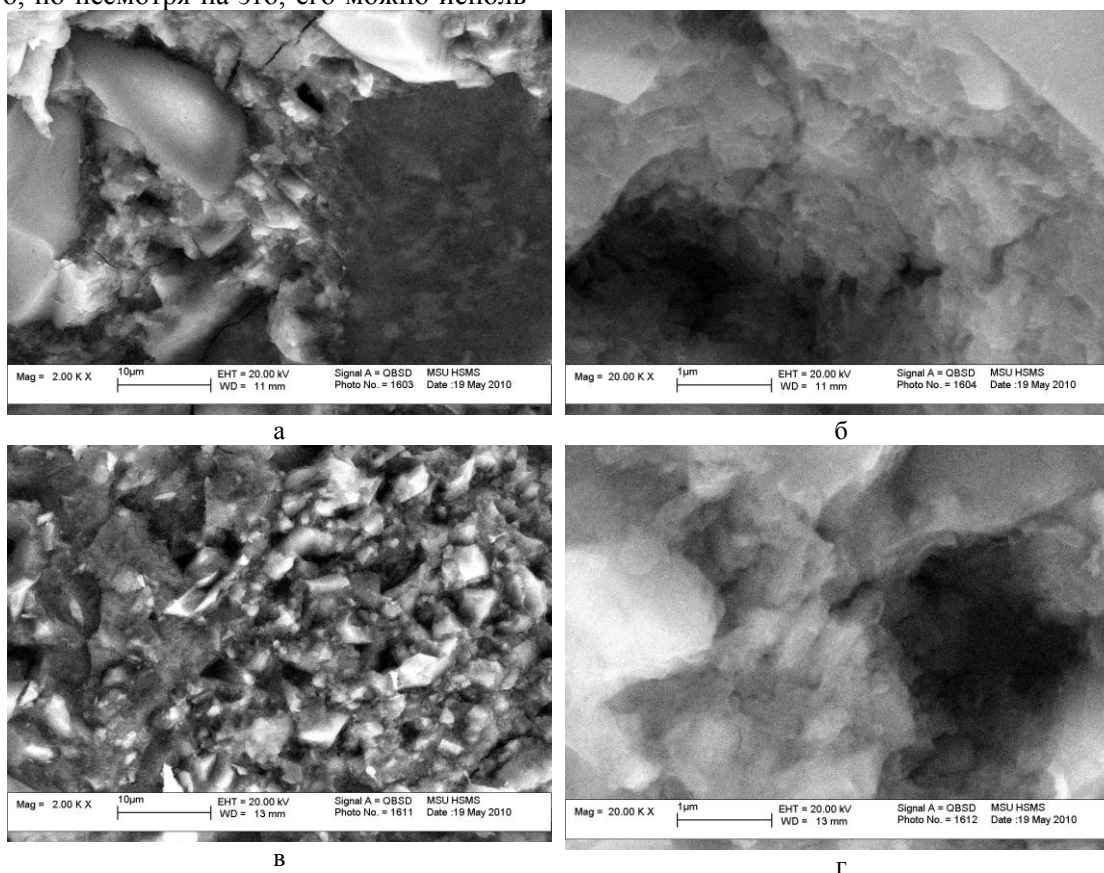


Рис. 3. Микроструктура цементного камня ВНВ нормального твердения в возрасте 28 сут с содержанием кремнеземного компонента: а, б – 50 %; в, г – 30 %

Анализ микроструктуры цементного камня с различным содержанием кремнеземного компонента в виде песка Эсского месторождения (рис. 3), позволяет сделать вывод, что формируемая матрица в затвердевшем вяжущем с большим содержанием цемента является более однородной с преобладанием зерен кварца неболь-

шого размера до 6–7 мкм (рис. 3, в), в то время как в материале на ВНВ-50 размер частиц до 25 мкм (рис. 3, а). Это объясняет более высокие прочностные показатели на ВНВ-70. Несмотря на различия в размере частиц, характер новообразований цементного камня существенно не меняется (рис. 3, б, г). Наличие скрытокристал-

лических гидросиликатов кальция, растущих во всех направлениях, способствует уплотнению цементной матрицы, снижению ее пористости и омоноличиванию структуры в целом.

Выводы. Установлено оптимальное количество пластифицирующей добавки Полипласт СП-1 для различных композиционных вяжущих, необходимое для достижения требуемой подвижности.

Установлено влияние состава кремнеземного компонента на гранулометрию композиционного вяжущего. Присутствие в составе полиминерального песка полевых шпатов, которые обладают спайностью и более низкой твердостью, по сравнению с кварцем, приводит к улучшению размолоспособности вяжущего, а, следовательно, снижению энергозатрат на помол; полимодальному распределению частиц по размерам и созданию более плотной упаковки частиц ВНВ; снижению микропористости цементного камня мелкозернистого бетона.

Получены математические модели зависимости предела прочности при сжатии и при изгибе, а также средней плотности композиционного вяжущего от соотношения кварцсодержащего и пластифицирующего компонентов в его составе, позволяющие определить оптимальное соотношение системы «кремнеземный компонент – цемент – пластифицирующая добавка» для получения требуемых характеристик вяжущего при минимальных материальных затратах.

Структура образцов КВ с меньшим содержанием кремнеземного компонента обладает значительно большей однородностью, плотностью и меньшей пористостью, что объясняет более высокие прочностные показатели данного вяжущего.

**Работы выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 14-43-08020.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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
2. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Хархардин А.Н. Топологические свойства полидисперсных композиционных вяжущих для неавтоклавных ячеистых бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 46–50.
3. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken, 2015. 75 с.
4. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 5 (88). С. 95–99.
5. 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.
6. 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.
7. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2011. № 3. С. 29.
8. 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.
9. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 1 (649). С. 28–33.
10. Лесовик В.С., Вишневская Я.Ю., Алфимова Н.И., Савин А.В. Влияние гидротермальной обработки и давления на структурообразование композиционных вяжущих // Технологии бетонов. 2013. № 10 (87). С. 38–39.
11. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.
12. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород, 2011. 150 с.
13. Лесовик В.С., Жерновский И.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 78–79.
14. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 745–748.
15. Lesovik V.S., Urkhanova L.A., Gridchin A.M., Lkhasaranov S.A. Composite binders on the basis of perlite raw material of Transbaikalia // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9 №12. С. 1016–1020.

16. Lesovik R.V., Klyuyev S.V., Klyuyev A.V., Netrobenko A.V., Kalashnikov N.V. Fiber concrete on composite knitting and industrial sand KMA for bent designs // World Applied Sciences Journal 2014. Т. 30. №8. С. 964–969.

17. Lesovik R.V., Klyuyev S.V., Klyuyev A.V., Netrobenko A.V., Durachenko A.V. High-strength fiber-reinforced concrete containing technogenic raw materials and composite binders with use of nanodispersed powder // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т 9. №12. С. 1153–1157.

18. Lesovik R.V., Klyuev S.V., Klyuev A.V., Kazlitin S.A., Netrobenko A.V., Durachenko A.V. Fiber-reinforced concretes made of technogenic raw materials and composite binders for industrial

building floors // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. Т 9. №22. С. 16711–16724.

19. Ключев А.В., Лесовик Р.В. Сталефибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках КМА для изгибаемых конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 14–16.

20. Соловьева Л.Н., Огурцова Ю.Н., Бондаренко А.И., Боцман А.Н. Характеристики песков с учетом их применения в композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 31–33.

Strokova V.V., Nelyubova V.V., Botsman L.N., Ogurtsova Yu.N., Hahaleva E.N.
COMPOSITE BINDERS FOR MONOLITHIC CONSTRUCTION IN NORTHERN REGIONS

The paper demonstrates the possibility of production composite binders of different compositions for monolithic placement of concrete, including at freezing temperatures. Mathematical models of relations of compressive strength and flexural strength, and an average density of composite binder (CB) from the ratio of quartz-bearing and plasticizing components in its composition were stated. Compositions of composite binders based on sand of Essk deposit that allow reduction of cement consumption with constant physical and mechanical characteristics were developed. The influence of the composition of the silica component on the particle-size determination of the composite binder were stated. Rheotechnological characteristics and microstructural features of the cement stone of various compositions were studied.

Key words: composite binders, fine ground cement, plasticizer, silica component, microstructure, hydrated calcium silicate.

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор, директор Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов, зав. кафедрой материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: vvstrokova@gmail.com

Нелубова Виктория Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов, ст. н. с. НИИ Наносистемы в строительном материаловедении

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

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

E-mail: nelubova@list.ru

Боцман Лариса Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов

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

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

E-mail: lora80@list.ru

Огурцова Юлия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов

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

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

E-mail: ogurtsova.y@yandex.ru

Хахалева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов

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

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

E-mail: hahaleva@intbel.ru

Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Новиков К.Ю., магистрант,
Лашина И.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВОГО БЕТОНА

tad56@mail.ru

В технологии порошковых бетонов важным и малоисследованным вопросом является долговечность изделий и конструкций, также ее прогнозирование. Органоминеральные твердеющие композиции обеспечивают быстрый набор прочности изделиям вследствие их взаимодействия в присутствии воды, как между собой, так и с поверхностью заполнителя. Важной характеристикой каменных материалов является их долговечность. Благодаря этому свойству материал может выдерживать стабильные характеристики в течение расчетного времени в определенных условиях эксплуатации. Долговечность связана с такими свойствами бетонов как прочность, водостойкость, солеустойчивость, трещиностойкость и др. Особенно уязвимы в отношении проникновения агрессивных веществ окружающей среды контактная зона и поровое пространство искусственного камня. Прочность контактной зоны определяется свойствами твердеющего вяжущего и поверхности заполнителя (их химическим родством и родством структур). Для создания прочного и надежного контакта должна быть создана устойчивая связь составных частей композиционного материала. В ходе работы были исследованы высокопрочные порошковые составы, структурированные органическими минеральными добавками, которые содержат реакционноспособные тонкодисперсные наполнители различной природы.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, порошковый бетон, техногенное сырье долговечность, коррозионная стойкость.

Введение. Порошковый бетон становится все более популярным во всем мире и призван полностью изменить представление о бетоне, так как позволяет создавать долговечные, практичные и надежные изделия. [1–6].

Применение типовых и техногенных продуктов для производства данного вида бетонов позволяет существенно уменьшить материальные и энергетические затраты, а также сократить сроки изготовления элементов конструкций зданий и сооружений [7, 8].

Результаты исследований долговечности, в частности, коррозионной стойкости порошкового бетона в сульфатных средах, свидетельствуют о высоких показателях для этого материала предлагаемого состава.

Методика. Для исследования процесса коррозии бетона в сульфатных средах с образованием этtringитоподобных фаз применяли метод ускоренных сравнительных испытаний, разработанный в БГТУ им. В.Г. Шухова [9,10]. Согласно данной методики, изготавливали образцы-балочки размером 10×10×60 мм из цементно-песчаного раствора в соотношении белгородский портландцемент:вольский песок = 1:3 с В/Ц=0,6. До помещения в агрессивный раствор образцы твердели 28 суток в воде. По истечению указанного срока, их помещали в 1 % раствор надсернической соли с увеличением концентрации до 10 %.

Исследования фазового состава цементных образцов, корродировавших в 5 % растворе надсернической соли, проводили рентгенофазовым и дериватографическим методами анализа. Для сравнения скорости накопления этtringитоподобных фаз и гипса, анализу подвергали образцы, находившихся в 5 % растворе сульфата натрия и воде. Отбор проб и испытания проводили через 3, 7, 14, 21, 28 и 35 суток (методика НИИЖБ) [11].

Основная часть. Было установлено, что коррозионный процесс уже в 1%-м растворе надсернической соли дает ясную картину стойкости исследуемого материала в течение месячного срока. С течением времени в данных условиях прослеживается постоянное снижение прочности на изгиб опытных образцов, которые к 28 суткам достигают предельного значения коэффициента стойкости – 0,8. Увеличение концентрации приводит к значительному увеличению скорости накопления наноструктурированных этtringитоподобных фаз и интенсификации процесса коррозии.

Значение предела прочности при изгибе наибольшее у образцов, твердевших до испытаний в водных условиях. Их коэффициент стойкости в 56 суточном возрасте равен 0,92. Высокий коэффициент стойкости имеет цементный камень образцов, высушенных при 60 °С – 0,87, в то время как образцы, твердевшие до помеще-

ния в раствор персульфата аммония в нормальных условиях, через 35 суток показали низкую прочность на изгиб, их коэффициент стойкости равен 0,68.

Согласно полученным данным, наименьшей стойкостью к действию надсернистой соли обладает цементный камень образцов, твердевших до испытаний в нормальных условиях.

В значительной степени долговечность порошковых бетонов зависит от свойств входящих в его состав компонентов. Испытанные образцы порошкового бетона содержали 6–15 масс. % тонкомолотых техногенных элементов, что в значительной степени повысило плотность структуры и коррозионную стойкость материала.

На скорость коррозии образца порошкового бетона в персульфатном растворе влияют условия предварительного твердения образцов. Причем, интенсивность протекания коррозионного процесса зависит в значительной степени от структуры материала. В цементном камне процесс идет с большей скоростью в образцах, твердевших в нормальных условиях; в мелкозернистом бетоне – в образцах водного твердения, высушенных при температуре 60 °С до по-

стоянной массы перед погружением в агрессивный раствор. В растворах сульфатов, образцы из цементно-песчаного раствора, выдержанные перед погружением в воде, были менее коррозионностойки, чем образцы, твердевшие в атмосфере с 80 % влажностью. Следовательно, существует аналогия поведения бетонных образцов в растворах сульфатных и персульфатных солей. Прочность на изгиб опытных образцов уже к 28 суткам достигают предельного значения коэффициента стойкости – 0,8.

Термограммы образцов высокоплотного порошкового бетона, твердевших в воде, снятые в установленные сроки испытаний, характерны для цементного камня водного твердения. Наблюдается три эндотермических эффекта, соответствующих: первый при 130 °С – удалению адсорбционной воды из гелеподобных гидросиликатов кальция; второй при 470 °С – дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$; третий при 750 °С – декарбонизации CaCO_3 . Для образцов в растворах сульфата натрия и персульфата аммония в 7–14 суточном возрасте характерно раздвоение эндоэффекта в виде дуплета при 130–160 °С, что указывает на образование этtringитоподобной фазы и гипса (рис. 1).

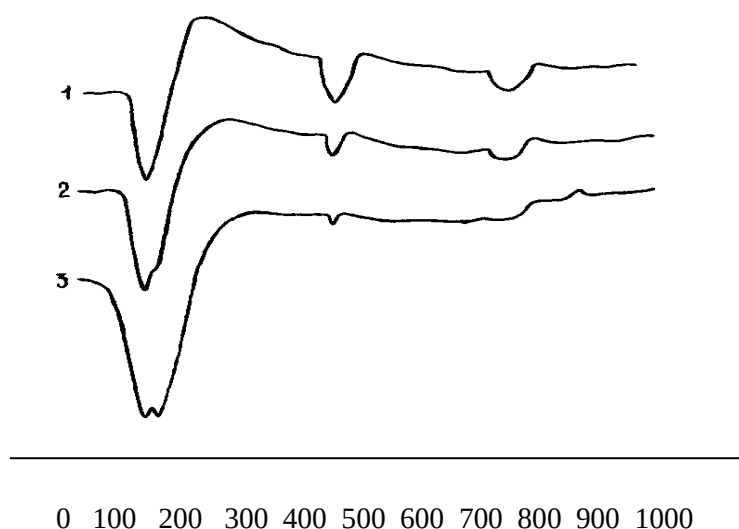


Рис. 1. Результаты ДТА цементного камня в растворах сульфата натрия, персульфата аммония и воде

Линии ДТА препаратов цементного камня, твердевшего: 1 – в воде; 2 – в растворе сульфата натрия; 3 – в растворе персульфата аммония.

Причем на термограммах образцов, находившихся в растворе персульфата, это раздвоение большее чем в растворе сульфата. Разделение данного эндотермического эффекта сохраняется на протяжении всего периода испытаний. В воде эндоэффект при 130 °С неразделим. На термограммах по уменьшению эндоэффекта при

470 °С с течением времени отчетливо прослеживается снижение количества гидроксида кальция в образцах, находящихся в растворе персульфата аммония. Потеря массы при дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образцах водного твердения через 7 суток составляет 9 %, в растворе сульфата натрия – 4 %, в растворе персульфата аммония – 3 %. В остальные сроки в персульфатном растворе потеря массы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при его дегидратации составляет менее 1 %.

Таким образом, в цементном камне образцов, находящихся в растворе надсернистого аммония, идет интенсивное связывание гидроксида кальция в сульфосодержащие кальциевые гидраты. Установлено, что значительно большее количество трисульфогидроалюмината кальция и гипса образуется в образцах, выдержанных в персульфатном растворе, чем в сульфатном, в течение месячного срока испытаний. Причем, воздействие персульфата аммония не изменяет характер образующихся продуктов – кристаллографические и термодинамические характери-

стики этtringита и гипса в сульфатном и персульфатном растворах практически идентичны.

В 1%-м растворе персульфата аммония цементно-песчаные образцы через 28 суток имеют коэффициент стойкости, равный предельному значению, рекомендованному НИИЖБ при испытаниях в растворе сульфата натрия в 12 месячном возрасте – 0,81. Пребывание образцов в 2,5; 5,0 и 10 % растворах персульфата аммония привело к значительной потере прочности (табл. 1).

Таблица 1

Прочностные характеристики образцов из мелкозернистого бетона в растворах персульфата аммония

Концентрация раствора, %	Предел прочности при изгибе и коэффициент стойкости образцов в возрасте, сутки							
	7		14		21		28	
	R _{из.}	K _c	R _{из.}	K _c	R _{из.}	K _c	R _{из.}	K _c
1,0	7,62	1,13	6,74	1,01	6,03	0,89	5,51	0,81
2,5	7,04	1,05	6,68	1,00	4,95	0,73	3,67	0,54
5,0	5,90	0,88	5,25	0,78	3,46	0,51	3,20	0,47
10,0	5,23	0,78	4,27	0,64	3,39	0,50	3,13	0,46

Заключение. Таким образом, испытания мелкозернистого бетона в 1% растворе персульфата аммония дает ясную картину коррозионной стойкости исследуемого цемента в течение месячного срока. В данных условиях прослеживается постоянное снижение прочности на изгиб опытных образцов, которые к 28 суткам достигают предельного значения коэффициента стойкости – 0,8.

Выводы. Результаты сопоставительного эксперимента позволяют сделать вывод, что использование в качестве агрессивного раствора надсернистого аммония значительно ускоряет проведение испытаний цемента на сульфатостойкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: АСВ. 2007. 368 с.
2. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Учебно-справочное пособие, К.: Вища школа, 2007.
3. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten.// Leipziger Massivbauseminar, 2000, Bd. 10, S. 1–15.
4. Schmidt M. Bornemann R. Möglichkeiten und Crensen von Hochfester Beton.// Proc. 14, Jbausil, 2000, Bd. 1, S. 1083–1091.
5. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. Scientific Division Bougies.// Cement and Concrete Research. Vol. 25. № 7. 1995. P. 1501–1511.

6. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органогенные высокопрочные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67–69.

7. Tolstoi A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-Strength Decorative Complexes with Organomineral Additives Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – September-October 2014 RJPBCS 5(5) Page No 1607.

8. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Сродство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего // Строительные материалы. 2015. № 9. С.18–22.

9. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Присяжнюк А.П., Воронов В.В., Баженова О.Г., Якимович И.В., Саридис Я.В. Эффективные порошковые композиции на техногенном сырье // «Современные строительные материалы, технологии и конструкции».- Материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Т. 1. Грозный. 2015. С. 406–411.

10. Толстой А.Д. Сульфатостойкость бетона с пиритосодержащим заполнителем, определяемая ускоренным методом. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Белгород, 1987. 178с.

11. Отчет НИИЖБ «Разработать методику прогноза коррозионной стойкости бетона при различных видах коррозии и средствах защиты» №78043581, инв.номер Б815902. М.,1978. С.47–51.

Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Novikov K.Yu., Lashina I.V.**CORROSION RESISTANCE OF PRODUCTS FROM POWDER CONCRETE**

The powder concrete technology important and little studied issue is the durability of products and constructions, and its prediction. Organic-curable compositions provide faster curing products as a result of their interaction in the presence of water, both among themselves and with the filler surface. An important characteristic of stone materials is their durability. Due to this property, the material can withstand the stable characteristics for a calculated time under certain operating conditions. Durability is associated with such properties of concrete as the strength, water resistance, salt resistance, fracture toughness, etc. Particularly vulnerable to the penetration of aggressive substances surrounding medium the contact area and the pore space of the artificial stone. The strength of the contact zone is determined by the properties of the hardening binder and aggregate surface (their chemical and structural affinity). To create a durable and reliable contact should be created a stable communication of components of the composite material. During operation have been investigated high-strength powder concrete formulations, structured organic mineral supplements that contain reactive fine fillers of different nature.

Key words: *High-strength concrete, powder concrete, man-made materials, durability, corrosion resistance.*

Толстой Александр Дмитриевич, кандидат 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: tad56@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

Новиков Константин Юрьевич, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: Kot_veuder@mail.ru

Лашина Ирина Владимировна, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

*Лебедев М.С., канд. техн. наук, инженер-исследователь
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф.
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, НАПОЛНЕННЫХ ЗОЛАМИ-УНОСА РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА*

michaelL1987@yandex.ru

Наполнители в асфальтобетоне используют для повышения жесткости или прочности, уменьшения деформаций ползучести (остаточных деформаций), увеличения плотности асфальтовых смесей, в связи с чем имеет смысл оценивать структурирующую способность минеральных порошков, в том числе зол-уноса тепловых электростанций. Различия в методах испытаний у нас в стране и Европе значительно затрудняет сопоставление результатов испытаний. Поэтому представляет интерес сопоставление результатов при испытании минеральных порошков. В ходе исследований установлено, что низкокальцевая зола-уноса Омской ТЭЦ имеет более высокую пористость, что определяет ее способность вмещать в свою поровую структуру больше битума, чем высококальцевая зола Назаровской ГРЭС. Это отражается на результатах реологических испытаний мастик на вискозиметре и стандартными методами. Более высокая вязкость мастики на низкокальцевой золе во всем интервале температур (в том числе, при высоких эксплуатационных) характеризует ее меньшую температурную чувствительность и большую теплоустойчивость материала. Поэтому можно говорить о том, что материал с большей пористостью оказывает на битум более значительное структурирующее влияние.

Ключевые слова: *золы-уноса тепловых электростанций, битумные мастики, реологические характеристики, вязкость, пенетрация, температура размягчения.*

Введение. На сегодняшний день в нашей стране эффективность применения минеральных порошков для асфальтобетонных смесей оценивается по показателям, указанным в российских стандартах [1, 2], основные из которых характеризуют удельный расход битума на единицу массы наполнителя и физико-механические свойства асфальтовяжущих (смеси минерального порошка и битума) и асфальтобетонов, полученных с использованием исследуемых дисперсных продуктов. Отклонение свойств порошка от требований нормативных документов является причиной отказа от использования данного материала в составе смеси.

В свою очередь, такие характеристики наполнителя, как пористость, показатель битумоемкости, косвенно определяют содержание битума в композите (например, в асфальтовяжущем), и их более высокие значения обуславливают только повышенный расход вяжущего. Здесь стоит вспомнить о структурирующей роли минерального порошка [3–5]. Ведь возникающее при использовании наполнителя повышенной дисперсности или пористости более значительное структурирующее влияние на битум далеко не всегда учитывается [6–8]. Одной из причин этого может являться отсутствие в российских нормативных документах терминологии, методов испытаний и требований на подобные характеристики. В европейских стандартах одним

из ключевых показателей является изменение температуры размягчения битума после предварительного введения в него наполнителя в стандартном соотношении [9]. Также очень часто проводят реологические испытания полученных мастик (смеси битума и наполнителя) с помощью реометра динамического сдвига или подобного оборудования [10, 11]. У нас в стране некоторые исследователи оценивают структурирующую способность минерального порошка методом конической пластометрии [12–15]. Различия в методах испытаний определяют значительные расхождения в концентрации твердых частиц порошка в смеси с битумом в испытываемых битумо-минеральных композитах (асфальтовяжущих (в России) и мастик (в Европе)), что значительно затрудняет сопоставление результатов. Исходя из вышеизложенного, представляет интерес сопоставление результатов испытаний по российским и европейским стандартам при испытании минеральных порошков. Настоящая статья посвящена исследованиям зол-уноса (ЗУ) тепловых электростанций различного состава.

Основная часть. В качестве объектов исследований были выбраны две золы-уноса отечественных производств, различающиеся по содержанию оксида кальция: высококальцевая – зола-уноса сухого удаления Назаровской ГРЭС (Назарово, Красноярский край), низкокальце-

вая – зола-уноса мокрого удаления Омской ТЭЦ-4 (Омск), высушенная перед использованием. Помимо состава золы имеют различную дисперсность – по данным лазерной гранулометрии высококальциевая зола значительно более мелкая, однако низкокальциевая зола имеет более чем в 5 раз большую удельную поверхность по БЭТ ($5900 \text{ м}^2/\text{кг}$ против $1100 \text{ м}^2/\text{кг}$). Причиной этого может являться высокое содержание микропор в зольных частицах (что харак-

терно, в том числе, для остатков несгоревшего углерода).

Свойства зол, связанные с составом, дисперсностью, структурой и морфологией частиц, сильно отличаются (табл. 1). Особо хочется отметить различия в средней плотности порошков и, соответственно, в пористости. Большую пористость низкокальциевой золы можно объяснить более крупными частицами, неправильностью формы и их микропористостью (рис. 1).

Таблица 1

Некоторые характеристики зол-уноса как минеральных порошков (наполнителей) для асфальтобетонных смесей

Наименование показателя	Требования ГОСТ Р 52129–2003 на марку МП-2	Высококальциевая зола-уноса Назаровской ГРЭС	Низкокальциевая зола-уноса Омской ТЭЦ-4
Истинная плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	–	2,78	2,10
Средняя плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	–	1,92	1,27
Пористость, об. %	не более 40	30,9	39,5
Показатель битумоемкости, $\text{г}/100 \text{ см}^3$ наполнителя	не более 80	47	74

Пористость порошка характеризует пространство, остающееся в уплотненном слое материала под определенной нагрузкой (в условиях проведения испытаний оно заполнено воздухом), которое будет заполнять битум при формировании структуры асфальтовяжущего (смеси наполнителя и битума). Исходя из имеющихся результатов, можно сделать вывод о том, что

удельный объемный расход битума на высококальциевой золе (Назаровской ГРЭС) будет ниже. Об этом говорят и различия в показателе битумоемкости, однако они значительно больше (74 против 47), чем в пористости (39,5 против 30,9), что объясняется существенно разным удельным весом (табл. 1).

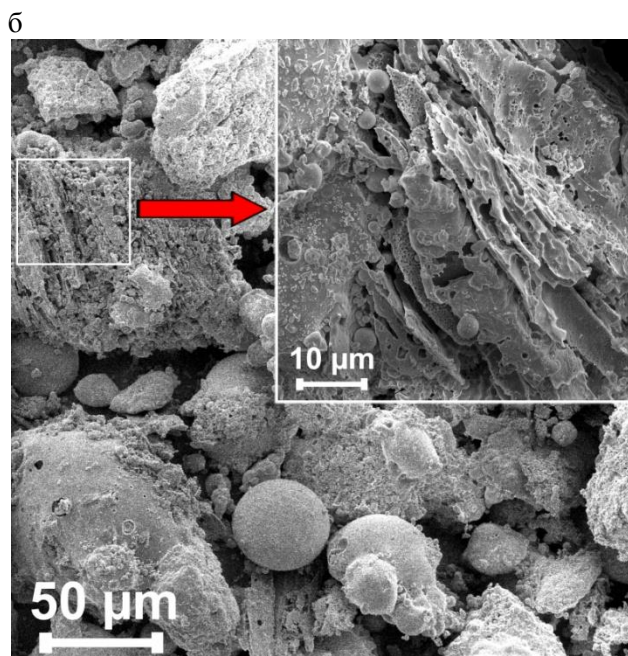
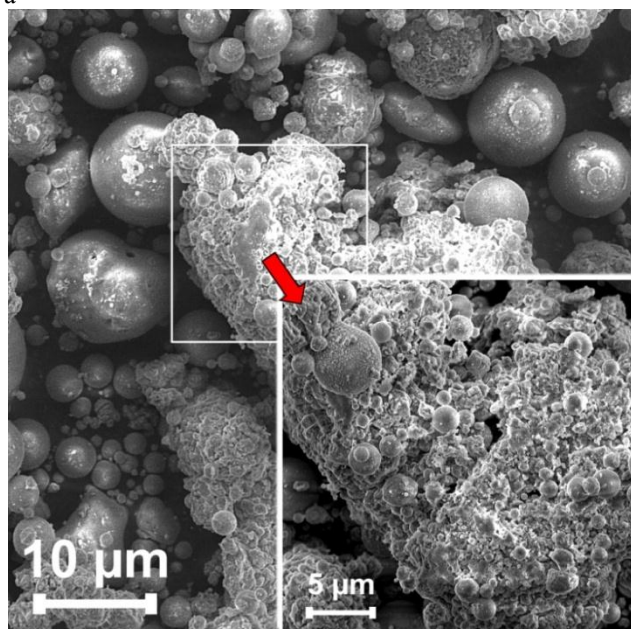


Рис. 1. Микроструктура частиц зол-уноса: а – Назаровской ГРЭС; б – Омской ТЭЦ

Пористость характеризует содержание в материале воздушных пор между частицами. В европейских странах и США этот показатель называют пористостью по Ригдену (Rigden) [16]. По мнению исследователей такой параметр позволяет охватывать влияние распределения ча-

стиц по размерам, формы и текстуры в простом значении. Согласно Ригдену, наполнитель может удерживать определенный объем битума в своей пористой структуре, формируемой воздушными порами между частицами [17]. При этом возникает повышение вязкости (жесткости)

битума при наполнении дисперсным материалом. Соответственно наполнители могут вмещать внутри своей пористой структуры фиксированное количество битума (рис. 2). Битум сверх «зафиксированного в порах» можно назвать свободным. В этой связи, для фиксированного объема битума повышение жесткости – функция количества свободного битума, которая является результатом уровня пористости внутри структуры наполнителя.

Исходя из вышеизложенного, полученные значения пористости можно условно считать максимально возможным фиксированным объемом, который способен занять битум при смешении с наполнителем. Т.к. наполнители в асфальтобетоне используют для повышения жесткости или прочности, уменьшения деформаций

ползучести (остаточных деформаций), увеличения плотности асфальтовых смесей, имеет смысл оценить структурирующую способность зол-уноса, для чего были изучены реологические характеристики мастик, полученных смешением битума с золами-уноса, с использованием стандартных методов исследования битумов (пенетрация и температура размягчения) и колебательных методов исследования на реометре. Изменения в пенетрации и температуре размягчения записывали как разницу в показателях между битумом и мастикой. Мастики для испытаний готовили смешением горячего битума с золами в следующем объемном соотношении – 37,5 % золы и 62,5 % битума. В качестве органического вяжущего использовался битум нефтяной дорожный вязкий марки БНД 60/90.



Рис. 2. Иллюстрация концепции «свободного битума» по Ригдену [17]:

$V_{\text{общий}}$ – общий объем мастики; $V_{\text{чн}}$ – объем частиц наполнителя; $V_{\text{б}}$ – объем битума;
 $V_{\text{бит. своб.}}$ – объем свободного битума; $V_{\text{м+п н}}$ – объем насыпанного наполнителя (материал+поры)

Согласно полученным результатам, ЗУ Омской ТЭЦ изменяет свойства битума несколько сильнее (табл. 2). Особенно большая разница получилась в изменении температуры размягчения (14 °C у ЗУ Назаровской ГРЭС и 31 °C у ЗУ Омской ТЭЦ). Изменение условной вязкости (пенетрации) менее заметно, но в целом тенденция сохраняется как при средней температуре испытания (25 °C), так и при низкой (0 °C). Это согласуется показателем пористости, который выше как раз у низкокальцевой золы. Соответственно она способна вмещать в свою поровую структуру больше битума, чем высококальцевая зола. Это означает, что фиксированного битума в объеме мастики будет больше, а свободного меньше (рис. 2). Если рассматривать температуру размягчения как условный показатель вязкости при более высоких температурах, то формируется интересная картина: с увеличением температуры испытаний (эксплуатации) разница в вязкости мастик возрастает. Это говорит о том, что эффект структурирования за счет

большей пористости проявляется при более высоких температурах. Подобные результаты находят отражение в трудах других исследователей [11, 18]. Полученные зависимости хорошо видны из индексов пенетрации: ЗУ Назаровской ГРЭС увеличивает его с -0,91 у исходного битума до -0,35, а ЗУ Омской ТЭЦ – уже до 1,66. Индекс пенетрации характеризует термическую чувствительность битумных вяжущих и мастик на их основе, и чем он выше, тем меньше вязкость зависит от температуры и больше теплоустойчивость материала. На основании полученных результатов физико-механических показателей мастик целесообразно подробно рассмотреть их высокотемпературное поведение, исходя из данных реологии.

Для того, чтобы охарактеризовать битум и мастики в большем температурном диапазоне, их подвергали испытаниям колебательными методами на ротационном вискозиметре Rheotest RN4.1. Стандартная испытательная система реометра состояла из двух параллельных метал-

лических пластин (верхняя подвижная диаметром 12 мм), датчика контроля температуры, нагружающего устройства и системы сбора данных и контроля. Выбор геометрии испытаний основан на предположении о значительной большей вязкости мастик по сравнению с бездобавочным битумом. Толщина таблеток битума и мастик составляла 1 мм. Определение реологических характеристик проводилось согласно стандартам AASHTO T315 [19] и NT TR 538 [20] в диапазоне температур от +45 до +80 °C с шагом 5 °C (точка 45 °C не показана на графике)

(рис. 3). Помимо температуры задаваемыми параметрами в этих испытаниях являлись величина приложенных напряжений (крутящий момент составлял 100 мкН·м) и время приложения нагрузки (частота 1,59 Гц). Испытание проводилось в режиме CSS (с контролируемым напряжением сдвига). Выходящим параметром выступала деформация, по значениям которой (задаваемые напряжения являлись постоянными) рассчитывали комплексный модуль G^* как отношение амплитуд напряжений и деформаций [21].

Таблица 2

Физико-механические показатели мастик на основе зол-уноса различного состава

Показатели	Применяемый наполнитель	
	Высококальцевая зола-уноса Назаровской ГРЭС	Низкокальцевая зола-уноса Омской ТЭЦ
Изменение пенетрации		
При 25 °C	39	47
При 0 °C	7	10
Изменение температуры размягчения между мастикой и битумом, °C	14	31
Индекс пенетрации	-0,35	1,66

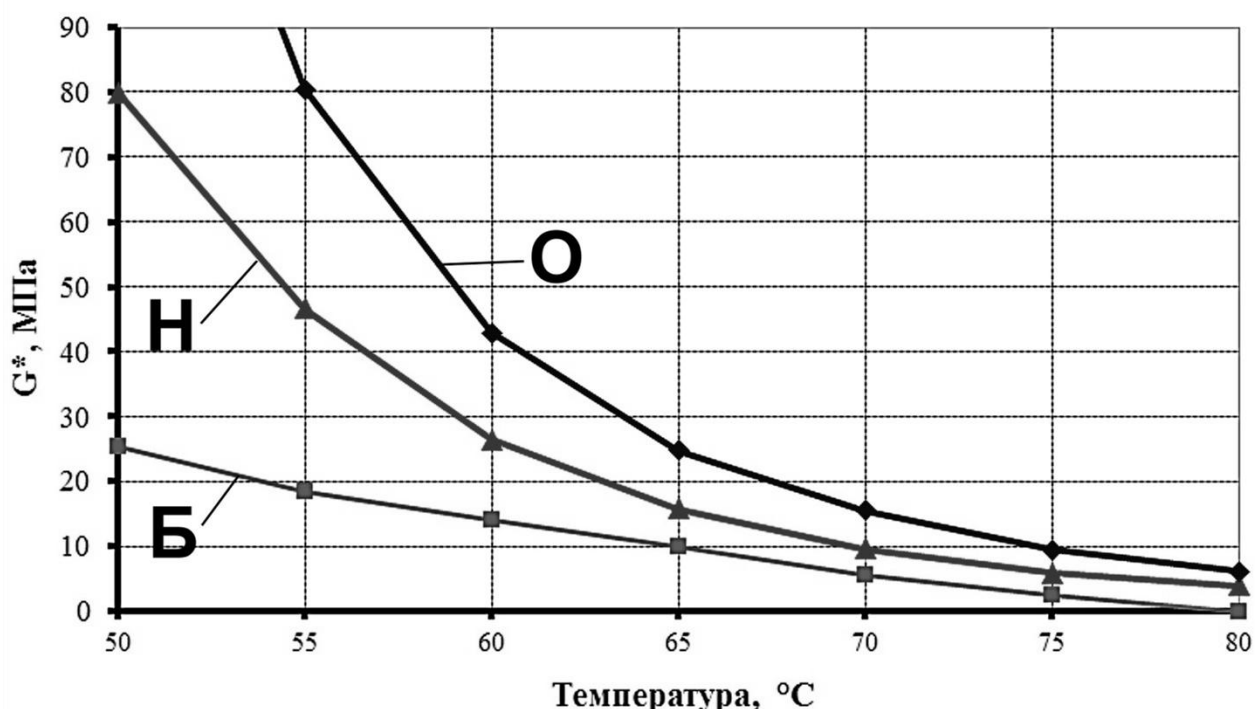


Рис. 3. Зависимость комплексного модуля G^* битума и мастик различного состава от температуры испытаний:
Б – битум; Н – ЗУ Назаровской ГРЭС; О – ЗУ Омской ТЭЦ

Согласно полученным данным, комплексный модуль мастики на низкокальцевой золе оказался выше во всем интервале температур (рис. 3). Во всем температурном диапазоне испытаний мастика на ЗУ Омской ТЭЦ имеет зна-

чения модуля 1,5–2,5 раза больше, чем битумный композит на ЗУ Назаровской ГРЭС. При этом обе золы способствуют сильному возрастанию вязкости битума – высококальцевая в 1,5–3,5 раза, низкокальцевая – в 2,5–8,5(!) раз.

Результаты согласуются с физико-механическими свойствами мастик, в частности с температурой размягчения (табл. 2). Однако стоит отметить, что полученным значениям температуры размягчения на графике (рис. 3) соответствуют разные значения комплексного модуля (вязкости). Это связано с тем, что температура размягчения обозначает определенное состояние вязкости материала, при которой битум (мастика) из относительно твердого состояния переходит в жидкое. Этот показатель принято считать условным, т.к. органические вяжущие, как аморфные тела, не имеют строго определенной точки размягчения, у них есть определенный интервал размягчения. Измеряемая температура есть некоторая случайная точка, которая зависит от методики испытания, например, скорости нагрева, площади и толщины образца и т.д.

Выводы. Полученные результаты реологических испытаний мастик на реометре и стандартными методами позволяют сделать вывод о большей температурной чувствительности мастики на высококальциевой золе с меньшей пористостью. Это согласуется с рассчитанными значениями индекса пенетрации (табл. 2). Более высокая вязкость мастики на низкокальциевой золе во всем интервале температур (в том числе, при высоких эксплуатационных) будет обеспечивать необходимую прочность. Соответственно, можно говорить о том, что материал с большей пористостью оказывает на битум более значительное структурирующее влияние.

**Работа выполнена в рамках стипендии Президента Российской Федерации № СП-2099.2015.1, гранта РФФИ №15-33-51017, с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 52129–2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. Введ. 2004–01–01. М.: Госстрой России, 2004. 25 с.
2. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. Введ. 2014–11–01. М.:Стандартинформ, 2014. 55 с.
3. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцев, Н.В. Горелышев, А.М. Богуславский, И.В. Королев [под ред. Л.Б. Гезенцева]. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
4. Ядыкина В.В. Повышение качества асфальто- и цементобетона из техногенного сырья с учетом состояния его поверхности: дис...д-ра.

техн. наук. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. 455 с.

5. Селицкая Н.В., Духовный Г.С., Ядыкина В.В. Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств эмульсионной мастики на основе композиционного наноструктурированного органоминерального вяжущего // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 20–24.

6. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Барабаш Д.Е. Особенности структурообразования битумо-минеральных композиций с применением пористого сырья // Строительные материалы. 2014. №1–2. С. 68–71.

7. Гридчин А.М., Коротаев А.П., Ядыкина В.В., Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А. Дорожные композиты на основе дисперсного вспученного перлита // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 42–44.

8. Кузнецов Д.А., Агамян Б.С., Баранов Т.Р. Устойчивость к образованию трещин при старении асфальтобетона с пористыми минеральными порошками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 43–45.

9. BS EN 13179-1:2000. Test for filler aggregate used in bituminous mixtures. Delta ring and ball test. BSI, 2000. 10 p.

10. Taylor R. Surface interactions between bitumen and mineral fillers and their effects on the rheology of bitumen-filler mastics. Ph.D. thesis, Univ. of Nottingham, UK., 2007. 238 p.

11. Delaporte, B., H. Di Benedetto, P. Chaverot, and G. Gauthier. Effect of ultrafine particles on linear viscoelastic of mastics and asphalt concretes // Transportation Research Record 2051, Washington, D. C.. 2008. pp. 41–48.

12. Асфальтобетон с использованием гидравлически активных минеральных порошков: учеб. пособие / А. М. Гридчин, В. В. Ядыкина, М. А. Высоцкая, Д. А. Кузнецов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 163 с.

13. Грамматиков Г.А. Асфальтобетон с применением карбидной извести в качестве минерального порошка: автореф. дис...канд. техн. наук. Волгоград: ВолгГАСУ, 2006. 18 с.

14. Иноземцев С.С., Королев Е.В. Выбор минерального носителя наноразмерной добавки для асфальтобетона // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 158–167.

15. Коротаев А.П. Повышение качества асфальтобетона за счет использования пористого минерального порошка: автореф. дис...канд. техн. наук. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 22 с.

16. BS EN 1097-4:2008. Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of the voids of dry compacted filler. BSI, 2009. 14 p.

17. Rigden D.J.. The use of fillers in bituminous road surfacing // Journal of the Society of Chemical Industry, 1947. Vol. 66. p.299.

18. Радовский Б.С. Современные требования к каменным материалам для асфальтобетонных смесей в США // Дорожная техника. 2009. С 74–85.

19. AASHTO T315, Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of As-

phalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer, American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010. 33 p.

20. NT TR 53, Superpave test methods for asphalt - Procedure for DSR testing. Distributed by: NORDTEST Tekniikantie 12 FIN-02150 ESPOO, Finland. 2002. 39 p.

21. Лебедев М.С. Колебательные испытания при определении реологических характеристик битумов // «Научные аспекты современных исследований»: сб. статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Изд-во ООО «Омега Сайнс», 2015. С. 18–25.

Lebedev M.S., Chulkova I.L.

STUDY OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BITUMEN COMPOSITES WITH DIFFERENT FLY ASHES

Fillers in asphalt concrete are used to improve the hardness or strength characteristics, reducing of creep deformation (residual deformation), density increasing. In compliance with it the structuring capacity of mineral fillers including fly ashes from power stations should be studied. Differences in testing methods in Russia and European countries initiate big difficulties in comparison of experimental data for mineral powders. In this work the higher porosity and higher bitumen content of low-calcium fly ash from Omsk power plant vs. high-calcium fly ash from Nasarovsk power plant. It is confirmed by rheological data for bitumen mastic determined by viscosimeter. The higher value of viscosity for bitumen mastics with low-calcium fly ash in the studied temperature range (including operating high temperatures) is associated with lower temperature sensitivity and higher heat resistance of final composite. So, the composite with higher porosity effects on bitumen binder structure formation more significantly.

Key words: fly-ashes from power stations, bitumen mastics, rheological characteristics, viscosity, penetration, melting point

Лебедев Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, инженер-исследователь Центра высоких технологий. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: michaelL1987@yandex.ru

Чулкова Ирина Львовна, доктор технических наук, профессор кафедры "Строительные материалы и специальные технологии". Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.
Адрес: Россия, 644080, Омск, пр. Мира 5.
E-mail: chulkova_il@sibadi.org

DOI: 10.12737/22367

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,
Сулейманов К.А., студент,
Баженова О.О., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ БЕТОНА

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Проведены исследования по изучению влияния количества крупного заполнителя на ползучесть бетона при длительном его загрузении постоянной нагрузкой. Крупный заполнитель в процессе ползучести претерпевает обратную деформацию, т.е. часть неупругой деформации цементного камня компенсируется обратной упругой деформацией крупного заполнителя. Чем больше последнего в бетоне, тем больше обратная его деформация, тем большая часть неупругой деформации цементного камня ею компенсируется, а, следовательно, тем меньше будет ползучесть цементной части бетона и бетона в целом.

Ключевые слова: крупный заполнитель, ползучесть, бетон, призмы, нагрузка, длительное загрузение.

Бетон является основным строительным материалом нашего времени. Надежность прогнозирования поведения бетона в эксплуатационных условиях может быть повышена лишь при правильном представлении о физической природе прочности и деформируемости бетона при четких представлениях о механизме влияния различных факторов на эти свойства. В связи со стремлением к сокращению материалоемкости конструкций и к облегчению веса сооружений, особую актуальность приобретают исследования природы деформируемости бетона, в частности, усадки и ползучести.

Ползучесть и усадка являются важными свойствами бетона, которые необходимо учитывать при расчете бетонных и железобетонных конструкций на длительные воздействия нагрузки, изменений температуры и влажности. В связи с этим ползучесть и усадка постоянно изучаются исследователями [1–11].

Ползучесть бетона обуславливается ползучестью цементного камня, однако крупный заполнитель может оказывать на этот процесс существенное влияние. В настоящее время пригодность крупного заполнителя для бетона определяется тем, что при применении такого заполнителя бетон обнаруживает заданную прочность при кратковременном испытании в заданный срок, а влияние крупного заполнителя на другие свойства бетона, в том числе ползучести, не всегда учитываются строителями.

Под ползучестью бетона понимают неупругие деформации бетона, развивающиеся во времени под действием силовых факторов.

Интенсивность протекания усадочных явлений и ползучести бетона зависит от многих

факторов, главнейшими из которых являются состав бетона, температура и влажность среды, время. При ползучести решающую роль приобретает также возраст бетона и степень его загрузенности.

Авторами проведены исследования по изучению влияния количества крупного заполнителя на ползучесть бетона при длительном его загрузении постоянной нагрузкой.

Изготовленные образцы в виде призм размером 10×10×40 см двое суток хранились в форме, остальное время до начала испытаний – в нормальных условиях. Призмная прочность определялась на двух призмах за один день до загрузения длительной нагрузкой. Призмы, предназначенные для испытания длительной нагрузкой, за два дня до загрузения изолировались двумя слоями парафина и тремя слоями кальки, смазанной солидолом, с целью уменьшения влияния усадки на ползучесть образцов.

Для получения наибольшего различия в деформативных свойствах цементного камня и крупного заполнителя использовался цемент низкой марки. Заполнитель применялся фракции 10–20 мм, что исключило влияние гранулометрического состава на результаты исследований.

Длительной постоянной нагрузкой 0,2...0,4 $R_{пр}$ в возрасте 14, 42, 93 и 200 суток загрузались изолированные призмы из бетона следующих составов:

– состав №1: Ц=350 кг/м³, П=680 кг/м³, Щ=1200 кг/м³, В=185 л/м³;

– состав №2: Ц=640 кг/м³, П=1240 кг/м³, Щ=1200 кг/м³, В=338 л/м³;

– состав №3: Ц=415 кг/м³, П=800 кг/м³, Щ=933 кг/м³, В=220 л/м³;

– состав №4: Ц=350 кг/м³, П=950 кг/м³, Щ=933 кг/м³, В=185 л/м³.

Центровка призм производилась как по геометрической, так и по физической оси с помощью установленных приборов. При этом нагрузка на образцы не превышала $0,2 R_{пр}$.

Измерение деформаций осуществлялось с помощью индикаторов часового типа с ценой

деления 0,01 и 0,02 мм на базе 200 мм, установленных на четырех гранях призм.

Длительному испытанию подвергались по две призмы из бетона каждого состава.

Результаты испытаний призм, изготовленных при различном расходе цементного клея постоянного качества, представлены на рис. 1 и 2.

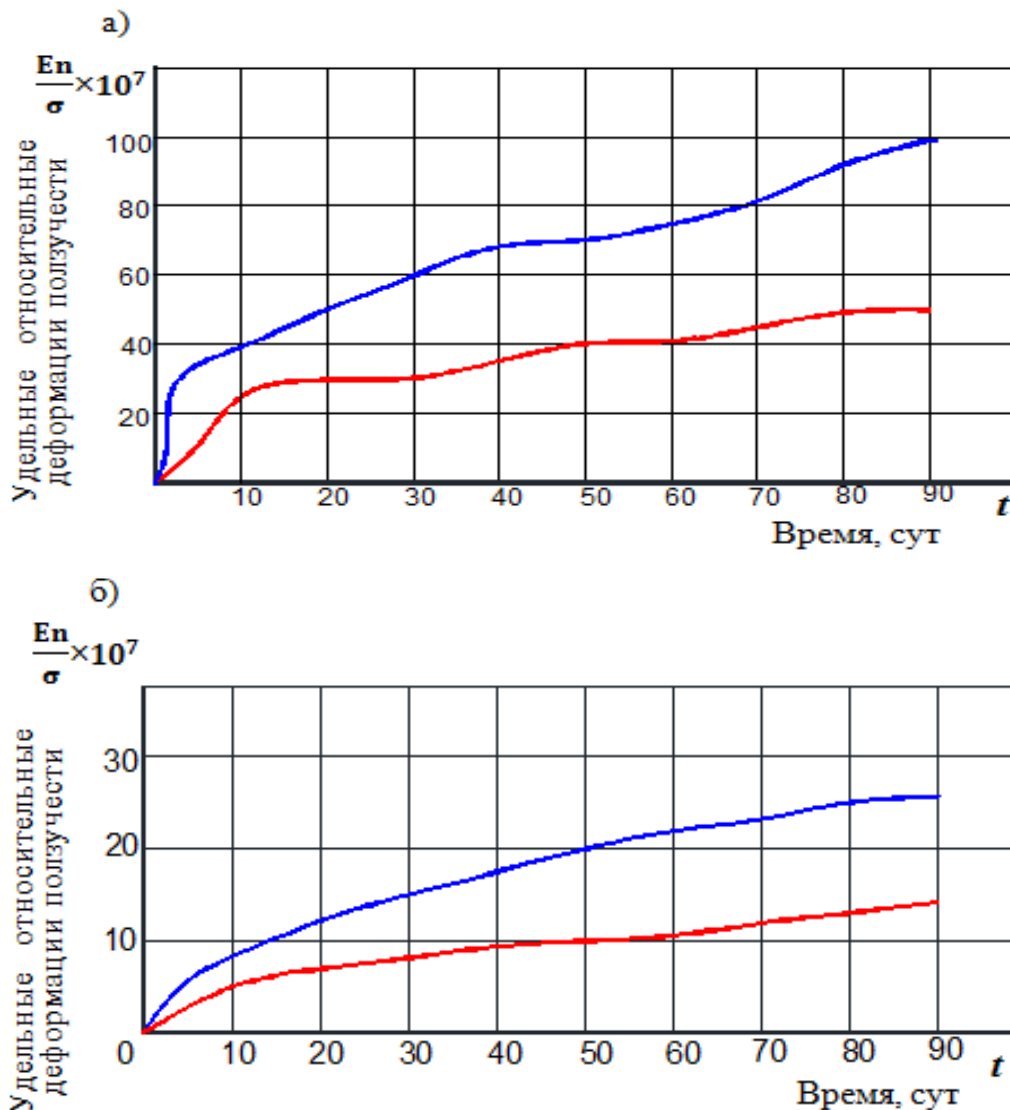


Рис.1. Влияние количества крупного заполнителя на ползучесть бетона:

а) загрузка в возрасте 14 суток при $\sigma = 0,2 R_{пр}$;

б) загрузка в возрасте 93 суток при $\sigma = 0,4 R_{пр}$

Кривые ползучести:

— состав №1, — состав №2

Из рис. 1 видно, что при напряжении $0,2 \dots 0,4 R_{пр}$ большему количеству цементного камня в материале соответствует большая ползучесть.

Такая закономерность вполне понятна, так как при таких напряжениях ползучесть материала обуславливается ползучестью цементного камня без нарушения его структуры. Поэтому, чем больше цементного камня в

материале, тем больше ползучесть последнего. Иная закономерность проявляется, если эти же призмы загрузить напряжением $0,75 R_{пр}$ (рис.2). При таком напряжении материал с большим количеством цементного камня и меньшим количеством крупного заполнителя в наших экспериментах показал меньшую ползучесть независимо от возраста по загрузке.

Это объясняется тем, что при высоких напряжениях, главенствующее влияние на неупругие деформации бетона оказывает процесс возникновения и развития микротрещин. Чем раньше начнется этот процесс, тем большее влияние окажет он на длительные деформации бетона. Если в бетоне возникновение и развитие микротрещин началось при $\sigma = 0,5 R_{пр}$, то в растворе при $\sigma = 0,82 R_{пр}$. Поэтому при загрузении нагрузкой $0,75 R_{пр}$ в растворе еще не наблюдалось микроразрушений и его неупругая деформация обуславливалась, в основном, линейной ползучестью цементного камня. В бетоне, загруженном до того же уровня, уже возникли микроразрушения и существенно повлияли на его ползучесть.

Ползучесть бетонов, имеющих содержание крупного заполнителя в пределах от нуля до 450 л/м^3 , при $\sigma = 0,75 R_{пр}$, должна занимать промежуточное значение между ползучестью раствора и бетона состава №1. То же самое наблюдается и в первый период для бетона состава №3 (рис. 3). Однако в дальнейшем ползучесть раствора и бетона состава №3 выравнивается, что связано с неоднородностью бетона.

По-видимому, необходимо для составов №1 и №2 подобрать такой уровень нагрузки, когда их ползучести будут равны. Следовательно, на основании проведенных опытов можно утверждать, что влияние количества крупного заполнителя на ползучесть бетона связано с уровнем длительной нагрузки, которой нагружается бетон.

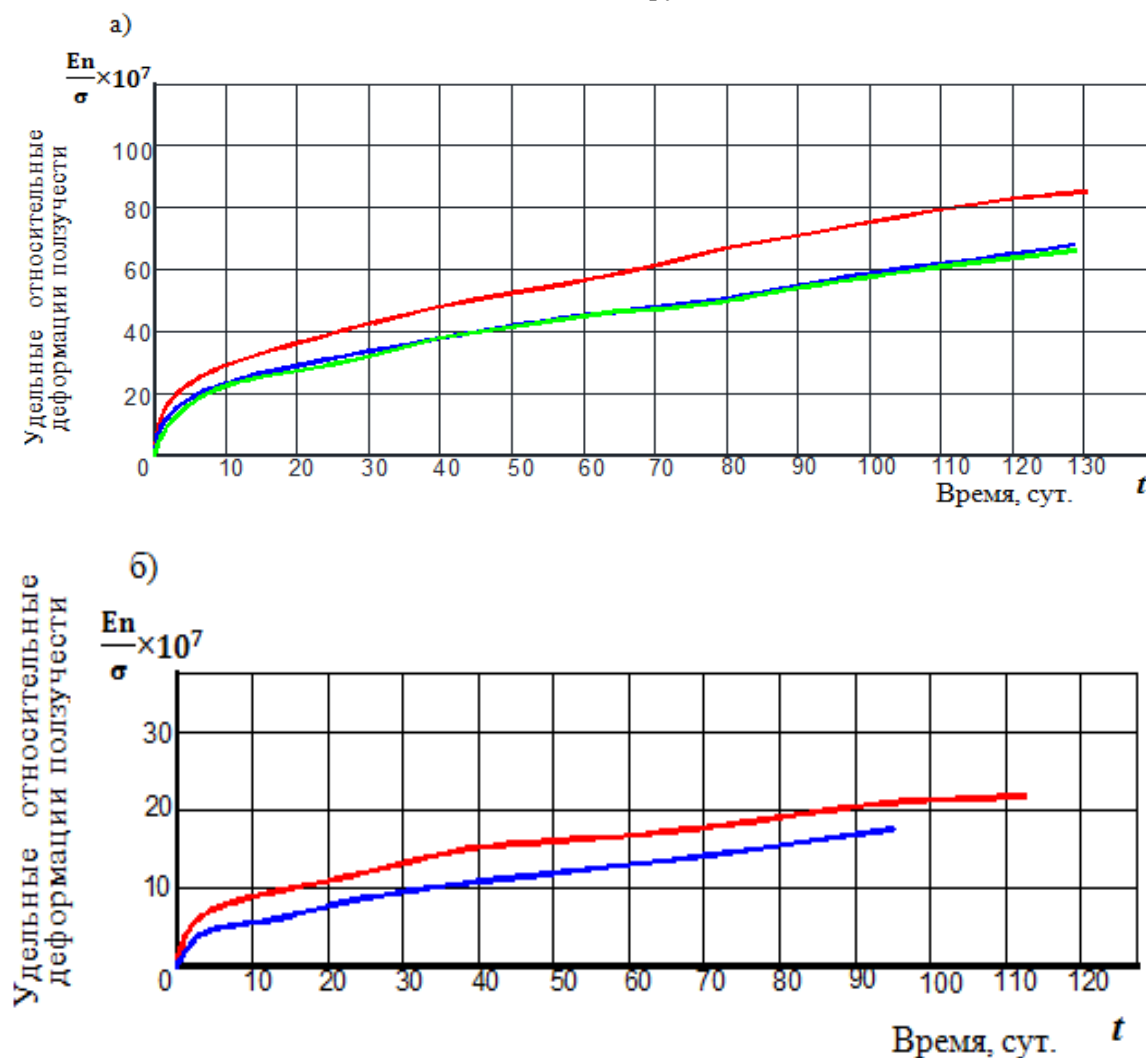


Рис.2. Влияние количества крупного заполнителя на ползучесть бетона при $\sigma = 0,75 R_{пр}$:

а) загрузка в возрасте 42 сут;

б) загрузка в возрасте 200 сут

Кривые ползучести:

— состав №1, — состав №2, — состав №3

При нагрузках, когда в бетоне еще нет микроразрушений, ползучесть находится в

прямой зависимости от количества цементного камня или в обратной зависимости от количества крупного заполнителя в бетоне.

При нагрузках, порядка $0,75 R_{пр}$ и выше, когда в бетоне возникают и развиваются микроразрушения, наблюдается обратная картина: неупругие его деформации находятся в обратной зависимости от количества цементного камня или в прямой зависимости от количества крупного заполнителя на 1 м^3 бетона.

Также было изучено влияние количества крупного заполнителя на ползучесть бетона при постоянном качестве и количестве цементного клея. Длительной постоянной нагрузкой $0,4 R_{пр}$ в возрасте 42 и 93 суток загружались изолированные призмы из бетона составов №1 и №4, отличающихся только количеством заполнителей. Результаты испытаний призм, изготовленных при постоянном качестве и количестве цементного камня, представлены на рис. 3.

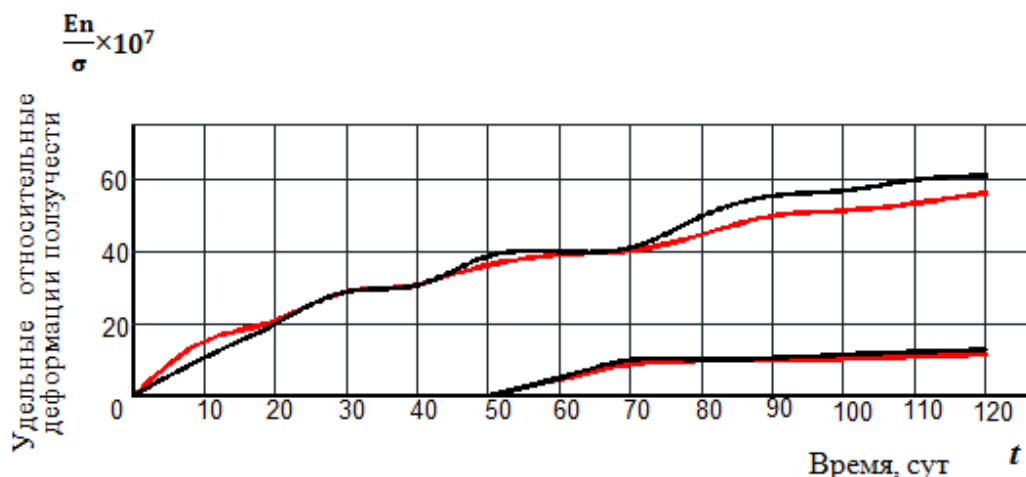


Рис.3. Влияние количества крупного заполнителя на ползучесть бетона при постоянном качестве и количестве цементного камня.

Кривые ползучести:

— состав №1, — состав №4

Из рис. 3 видно, что при постоянном качестве и количестве цементного клея и $E_s/E_p > 1,2$, уменьшение количества крупного заполнителя в бетоне увеличивает его ползучесть независимо от возраста при загрузке. В наших опытах это увеличение при уменьшении расхода крупного заполнителя с 450 л/м^3 до 350 л/м^3 составило 16...30 %.

Крупный заполнитель в процессе ползучести претерпевает обратную деформацию, т.е. часть неупругой деформации цементного камня компенсируется обратной упругой деформацией крупного заполнителя. Чем больше последнего в бетоне, тем больше обратная его деформация, тем большая часть неупругой деформации цементного камня ею компенсируется, а, следовательно, тем меньше будет ползучесть цементной части бетона и бетона в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1962. 98 с.
2. Невилль А.М. Свойства бетона. - М.: Стройиздат, 1972. 344 с.

3. Берг О.Я., Щербаков Е.Н. К учету нелинейной связи напряжений и деформаций ползучести бетона в инженерных расчетах // Известия Вузов. Строительство и архитектура, 1973. №12. С.14–21.

4. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 344 с.

5. Rossi P. Une nouvelle approche concernant le fluage et la relaxation propres du beton. //Bull. Liais. Lab. ponts et chaussees. 1988. №153. pp.73–76.

6. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 196 с.

7. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Поведение бетона под нагрузкой и оценка его потенциальных возможностей // В сб.: Эффективные конструкции и материалы зданий и сооружений. Белгород, БелГТАСМ, 1999. С. 13–21.

8. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Закономерности сопротивления бетона различным разрушающим факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №5. Ч.1. С. 254–262.

9. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Прочность – интегральная характеристика бетона // В сб.: Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Р-н/Дону: РГСУ, 2004. Т.2. С. 113–118.

10. Гладков Д.И. Физико-химические основы прочности бетона и роль технологии в ее обеспечении. Белгород: Изд-во БГТУ, 2004. 293 с.

11. Gladkov D.I., Suleimanova L.A., Nesterov A.P. Strength as an integral characteristic of concrete // Proceedings of the International Conference on Cement Combinations for Durable Concrete 2005 International Congress - Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Ser. "Cement Combinations for Durable Concrete - Proceedings of the International Conference" sponsors: Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers,

University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Harrison T.A., Newlands M.D., University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. С. 701–707.

12. Сулейманова Л.А. Энергия связи – основа конструктивных и эксплуатационных характеристик бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 91–99.

13. Сулейманова Л.А. Энергия внутренних связей в материале – основа его прочности, деформативности и сопротивляемости различным факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 154–159.

14. Сулейманова Л.А. Поведение бетона под нагрузкой, механизм его разрушения и оценка этого процесса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 68–75.

Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A., Bazhenova O.O.

THE IMPACT OF COARSE AGGREGATE ON CREEP OF CONCRETE

There were made researches on studying of influence of number of coarse aggregate on creep of concrete under his long uploading with a constant load. The coarse aggregate in the process of creep undergoes opposite deformation, i.e. part of inelastic deformation of cement rock is compensated by reverse elastic deformation of coarse aggregate. The more the last one in the concrete, the more its reverse deformation, the greater part of the inelastic deformation of cement stone is compensated by it, and therefore, the smaller will be the creep of cement part of concrete and concrete in general.

Key words: coarse aggregate, creep, concrete, prisms, load, long loading.

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

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

Сулейманов Карим Абдуллаевич, студент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: karimsuleymanov@mail.ru

Баженова Оксана Олеговна, студентка кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: li.ox2011@yandex.ru

DOI: 10.12737/22545

Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.,
Агеева М.С., канд. техн. наук, доц.,
Лесовик Г.А., канд. техн. наук, доц.,
Богусевич Г.Г., канд. техн. наук, доц.,
Шаповалов С.М., канд. техн. наук, доц.,
Сопин Д.М., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОПОРИСТОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ*

beton138@mail.ru

В работе исследуется возможность получения крупнопористых бетонов используемых для возведения стен жилых, культурно-бытовых и других зданий высотой до четырех этажей или для верхних этажей более высоких зданий, а также для заполнения каркасов различных зданий и возведения несущих стен промышленных зданий при небольших напряжениях с применением техногенного сырья в качестве компонента композиционного вяжущего. 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.

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

Крупнопористый бетон нашел широкое применение при возведении промышленных зданий в один-два этажа (склады, дизельные электростанции, мастерские и др.), во многих случаях строительство из крупнопористого бетона обходится дешевле строительства деревянных зданий, возводимых в аналогичных условиях.

В настоящее время широко распространены трехслойные стеновые панели с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов в гражданском и промышленном строительстве представляя конкурентоспособный вариант типовым. Сама же идея создания многослойных ограждающих конструкций из бетонов различной прочности, формируемых в едином технологическом цикле, относится к периоду появления бетонов на пористых заполнителях. Они использовались в среднем слое трехслойных конструкций с наружными слоями из тяжелого бетона с целью снижения массы, а также повышения теплозащитных характеристик. Несмотря на то, что большинство этих конструкций на современном этапе не в полной мере удовлетворяют возросшим требованиям по теплозащите зданий, их разработка и применение послужили основой и открыли перспективное направление для дальнейшего совершенствования нового класса многослойных железобетонных ограждающих конструкций с монолитной связью слоев.

Имеется опыт проектирования трехслойных стеновых панелей горизонтальной разрезки дли-

ной 6 и 12 м для отапливаемых производственных зданий. В наружных слоях таких панелей был использован керамзитобетон классов В15...В22,5 плотностью 1600...1800 кг/м или тяжелый и мелкозернистый бетон классов В22,5...В30, а для среднего теплоизоляционного – крупнопористый керамзитобетон или шлакопемзобетон классов В2,5...В3,5 плотностью 700...1200 кг/м. Из расчета по деформациям толщину панелей назначали 200...300 мм с наружными слоями 30...40 мм, в которых размещалась рабочая арматура - обычная или предварительно напряженная. Внедрены панели такого типа при строительстве Литовской, Конаковской и Бурштынской ГРЭС, а также ряда других объектов. Для стен сельскохозяйственных зданий применялись несущие и самонесущие многослойные стеновые панели. С использованием в среднем слое крупнопористого керамзитобетона прочностью 0,5...1 МПа и плотностью не более 500 кг/м и фактурного внешнего слоя из цементнопесчаного раствора, а внутреннего – из тяжелого бетона, масса панели 6×3,3×0,25 м не превышает 5 т, что оказывалось на 25...30 % меньше типового аналога.

Для стен сельскохозяйственных зданий рекомендованы несущие и самонесущие многослойные стеновые панели с использованием в среднем слое крупнопористого керамзитобетона с прочностью 0,5...10 МПа и плотностью не более 500 кг/м и фактурного внешнего слоя из це-

ментно-песчаного раствора, а внутреннего - из тяжелого бетона.

Для жилых зданий применение трехслойных стен с использованием в среднем слое бетона низкой теплопроводности связано в первую очередь с необходимостью повышения существующего уровня теплозащиты применяемых типовых ограждающих конструкций без коренного изменения традиционных технологий. В жилищном строительстве с этой целью наибольшее распространение получил также крупнопористый керамзитобетон, а внедрены такие панели были преимущественно в северных регионах.

Имеется опыт применения трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из низкотеплопроводных бетонов и в индустриально развитых странах мира. Они используются в Швеции, Финляндии, Германии, Швейцарии, Голландии, Бельгии при строительстве зданий различного назначения: промышленных, животноводческих и птицеводческих объектов, магазинов, школ, детсадов и др. Среди бетонов, выбранных в качестве теплоизоляционного слоя с целью обеспечения повышенного сопротивления теплопередаче стен, наибольшее распространение получили крупнопористый бетон и арболит. Кроме того, имеются нетрадиционные

решения применения новых заполнителей и бетонов на их основе.

В настоящее время уже есть достаточно большое число разработанных и затем опробованных в заводских условиях оригинальных в экономическом и экологическом аспектах вяжущих веществ [1–29 и др.]. Однако эффективные и заслуживающее скорейшего внедрения в отечественное строительство вяжущие по ряду объективных и субъективных причин не нашли еще достойного применения. Такими вяжущими являются композиционные вяжущие вещества с использованием многотоннажных техногенных отходов [3, 5, 6, 15, 27–29].

В качестве исходных материалов использовался бездобавочный портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н ЗАО «ОсколЦемент», молотый доменный шлак комбината АО «ОЭМК», отсев дробления кварцитопесчаника (КВП) и отходы мокрой сепарации железистых кварцитов Лебединского ГОК, а также добавка Полипласт СП-1.

При сравнении активности вяжущих с использованием в качестве минеральной добавки отходов мокрой магнитной сепарации и отсева дробления кварцитопесчаника наблюдалось повышение прочности для всех составов (табл. 1). Добавка шлака в количестве 50 % практически не снижает прочностных показателей вяжущих по сравнению с исходным клинкером.

Таблица 1

Физико-механические характеристики вяжущих

Вид вяжущего	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания, мин		В/Ц	Активность вяжущего, МПа	
		начало	конец		при изгибе	при сжатии
ЦЕМ I 42.5Н	26.2	2-40	3-50	0.4	7,2	50,4
ТМЦ-100	25.3	2-20	3-30	0.41	10,2	71,3
ВНВ-100	22.8	2-10	3-10	0.28	12,4	89,2
ТМЦ-50 (КВП)	27,1	2-30	4-40	0.43	6,8	44,7
ВНВ-50 (КВП)	24,3	2-10	4-10	0.35	8,8	55,1
ВНВ-50 (шлак)	24,5	2-20	4-30	0.37	7,9	49,8

Для изучения возможности использования мелкозернистого бетона на основе композиционных вяжущих в качестве внешнего и внутреннего слоя многослойных стеновых панелей, были изготовлены образцы класса В20 с использованием в качестве заполнителя отсева дробления кварцитопесчаника (табл. 2).

Исследования физико-механических характеристик показало, что свойства бетонов изготовленных на композиционных не уступают по своим характеристикам образцам аналогичного

состава, изготовленного на портландцементе. Отсюда можно сделать вывод, что применение композиционных вяжущих с добавкой суперпластификатора позволяет существенно снизить расход цементной составляющей без снижения прочностных характеристик бетона.

Для среднего слоя стеновых панелей целесообразно использовать крупнопористый бетон пониженной плотности и теплопроводности на различных вяжущих (табл. 3).

Таблица 2

Свойства мелкозернистых бетонов в зависимости от вида вяжущего

Вид вяжущего	Расход материалов			Подвижность, ОК, см	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	Цемент, кг/м ³	Заполнитель, кг/м ³	Вода, л/м ³			
ЦЕМ I 42.5Н	415	1762	250	10-12	2280	26,5
ТМЦ-100	351	1825	218	10-12	2290	27,7
ВНВ 100	325	1864	162	10-12	2300	27,3

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	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
ЦЕМ I 42,5Н	100	400	55	500	1,0	0,138
ТМЦ-50 (ММС)	100	400	60	500	0,86	0,133
ТМЦ-50 (КВП)	100	400	60	500	0,85	0,132
ВНВ-50 (ММС)	100	400	50	500	1,1	0,131
ВНВ-50 (КВП)	100	400	50	500	1,2	0,130
ВНВ-50 (шлак)	100	400	50	500	1,1	0,134

Разработанные составы среднего слоя крупнопористого бетона характеризуются низкой теплопроводности, что связано в первую очередь с необходимостью повышения существующего уровня теплозащиты применяемых типовых ограждающих конструкций без коренного изменения традиционных технологий. Результаты свидетельствуют о том, что полученные материалы для трехслойных панелей являются эффективными материалами для жилищного строительства.

**Статья подготовлена в рамках выполнения научного проекта РФФИ №14-41-08006 «Разработка методологии проектирования мелкозернистых фибро-текстиль бетонов на техногенных песках Белгородской области».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. 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.

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

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

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Наукоемкие 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.

11. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Наукоемкие 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.

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

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. Lessowik W.S., Sagorodnjuk L.H., Ilinskaya 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.

19. 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.

20. 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. Т. 9. № 8. С. 1381-1385.

21. 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.

22. 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 // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 779-783.

23. 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.

24. 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. T. 29. № 12. С. 1600–1604.

25. 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. T. 10. №24. С. 44889–44895

26. 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. T. 24. № 12. С. 1691–1695.

27. 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.

28. 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.

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

Lesovik R.V., Ageeva M.S., Lesovik G.A., Shapovalov S.M., Bogusevich G.G., Sopin D.M.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LARGE-PORE CONCRETE THROUGH THE USE OF COMPOSITE BINDERS FROM TECHNOGENIC RAW MATERIALS OF DIFFERENT NATURE

We investigate the possibility of obtaining large-concrete used for walls of residential, cultural and welfare and other buildings up to four floors or upper floors of taller buildings, but also to fill the frame of various buildings and the construction of load-bearing walls of industrial buildings at low voltages with the use of man-made raw material as a component of the composite binder. The combination of structural and thermal protection functions macroporous claydite eliminates the device special insulation. This would greatly reduce the cost of building structures, greatly improve their durability.

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.

Агеева Марина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Лесовик Галина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Богусевич Галина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

Шаповалов Сергей Михайлович, 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.

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

DOI: 10.12737/22375

Тарасенко В. Н., канд. техн. наук, доц.,
Денисова Ю. В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОБЛЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ

jdenisowa@mail.ru

Проблема снижения энергетических затрат, энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Особенно актуальна эта проблема для российской экономики, поскольку в России энергоемкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей. Анализ опыта различных стран в решении проблемы энергосбережения показывает, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие в рассматриваемых странах промышленности теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, топливно-энергетический комплекс, эффективное использование энергетических ресурсов, ограждающие конструкции, теплоизоляционные материалы, пенополистирол, минераловатные изделия.

Россия играет ключевую роль на мировом рынке энергетических ресурсов. Наша страна выступает одним из гарантов общей энергетической безопасности и стабильности мира в долгосрочной перспективе, т.к. доля России в мировом производстве нефти более 12 %, природного газа около 30 %, угля около 7 %. Суммарно на Россию приходится 10,5 % производства первичной энергии.

Для самой России топливно-энергетический комплекс приносит более 50 % доходов федерального бюджета. Также сегодня ТЭК обеспечивает 25 % валового внутреннего продукта и 30 % объема промышленного производства в стране [1].

Эффективность использования энергетических ресурсов в стране определяется целым рядом факторов, имеющих различную природу. Исторически Российская Федерация явилась наследницей сложившейся еще в советское время энергоемкой экономики. Причинами такого положения, кроме суровых климатических условий и территориального фактора, являлись сформировавшаяся в течение длительного периода времени структура промышленного производства и нарастающая технологическая отсталость энергоемких отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства [2].

Экономический кризис начала 90-х гг. сопровождался ростом и без того высокой энергоемкости экономики. Обусловлено это было в том числе:

– крайне слабым учетом, контролем и регулированием расходования энергетических ресурсов во всех сферах потребления;

– искусственно заниженными тарифами на электроэнергию, тепло, газ, горячую воду, уголь и другие энергоносители;

– отсутствием заинтересованности потребителей электрической и тепловой энергии в рациональном использовании и экономном расходовании энергоресурсов [3–4].

В итоге к середине 1990-х гг. энергоемкость российской экономики в 2–3 раза превышала аналогичный показатель во многих других индустриально развитых странах. Даже в условиях кризиса и уменьшения объемов производства, имевших место во многих отраслях российской промышленности в 1990-х гг., темпы снижения валового внутреннего продукта в стране более чем вдвое опережали темпы уменьшения потребления первичных энергетических ресурсов [5–6].

В конце XX века тема эффективного использования энергетических ресурсов в России стала активно обсуждаться на всех уровнях – от средств массовой информации до правительственных структур. Вопрос стал таким острым, что откладывать его решение дальше было нельзя. В 1994–1997 гг. был разработан план реформирования российской электроэнергетики (указ Президента Российской Федерации №426 от 28 апреля 1997 г. о реструктуризации естественных монополий). В 1998–2001 гг. началась проработка реформы РАО «ЕЭС России» (постановление Правительства Российской Федерации №526 от 11 июля 2001 г.), определившая основные направления реформирования российской электроэнергетики и требования к законодательной базе. В 2001–2003 г. был принят пакет законов, закрепивших планы реформирования электроэнергетики России, включая вопросы

повышения эффективности использования энергии [7, 8]. Однако существенного улучшения ситуации в сфере энергоэффективности до настоящего времени достичь пока не удалось.

В России, как, собственно, и в других странах бывшего Советского Союза, с эффективностью использования энергии дела обстоят хуже, чем во многих других странах.

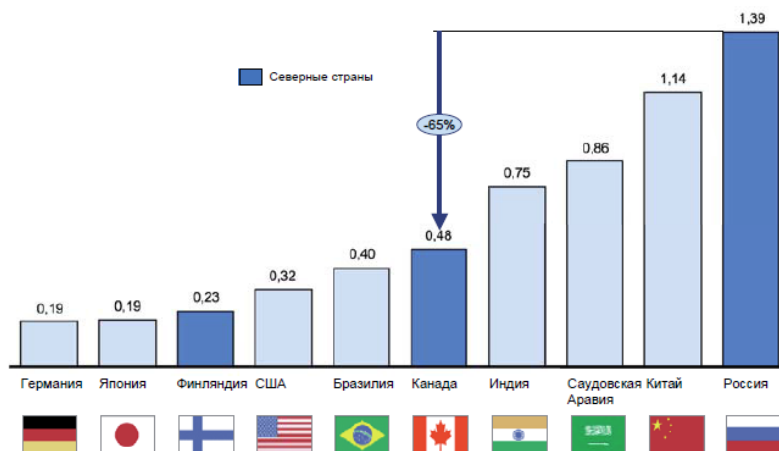


Рис. 1. Энергоемкость ВВП в 2007 году

Проблема снижения энергетических затрат, энергосбережения становится все более актуальной в мировом аспекте. Особенно актуальна эта проблема для российской экономики, поскольку в России энергоемкость промышленного производства и социальных услуг оказывается во много раз выше общемировых показателей [9].

Главным показателем эффективности использования энергии в стране является энергоемкость ВВП – соотношение потребления энергии и объема произведенных товаров и услуг. Этот показатель рассчитывается путем деления объема энергии, потребленной внутри страны, (TPES) на объем ВВП. То есть энергоемкость – это «энергия, потребляемая страной / стоимость произведенных в стране товаров».

Понятно, что чем ниже количество потребляемой энергии при производстве товаров на ту же сумму, тем лучше для страны. Так, если в

Японии при производстве товаров на сумму \$1000 затрачивается меньше энергии, чем в Казахстане, то понятно, что экономика Японии энергетически эффективнее.

Россия тратит на производство товаров в среднем в два раза больше энергии, чем многие развитые и даже крупные развивающиеся страны: Китай, Индия и Бразилия.

Но если на данный момент энергоэффективность России нельзя назвать высокой, то интересно, как она менялась за последние десятилетия?

Как видим, страны всего мира со временем начинают использовать энергию все более эффективно. Правительство России принимает меры для снижения энергоемкости ВВП. Президентом была поставлена цель: снизить к 2020 году энергоемкость ВВП на 40 %. Это позволяет построить простой прогноз динамики энергоемкости ВВП России до 2020 года (см. рис. 2).

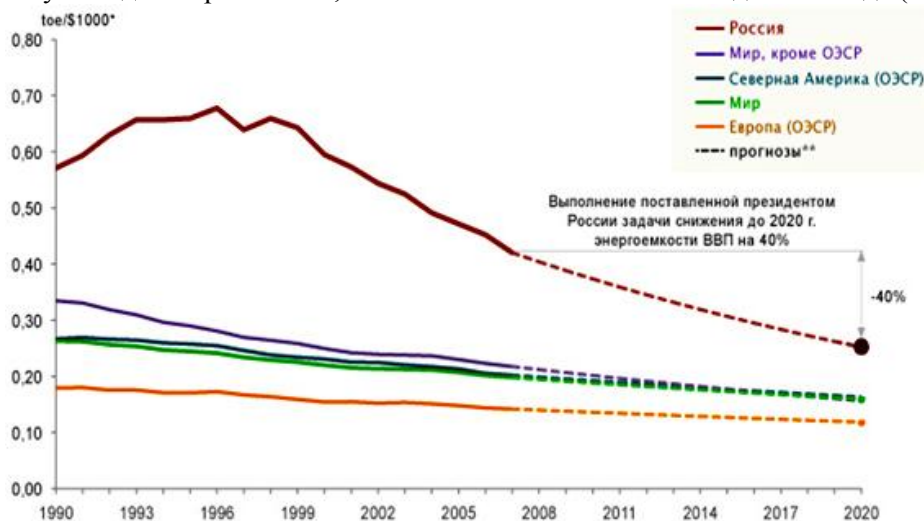


Рис. 1.2. Динамика энергоемкости ВВП с прогнозом до 2020 года

Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов в России остается крайне низкой. Если в 1971 году страны Восточной Европы (СССР и его союзники) и Западной Европы (все остальные страны Европы плюс Турция) характеризовались одинаковым количеством энергии, потребляемой на душу населения, то к 90-м годам этот показатель в странах Восточной Европы был уже на 37 % выше. Сложившийся не в пользу России баланс энергопотребления еще более усугубился в 90-е годы. Энергоемкость продукции в связи с переживаемым в стране экономическим кризисом выросла более чем на 40 % [10–11].

Велико отставание России по энергосбережению и в коммунальном хозяйстве, где расходуется до 20 % всех энергоресурсов страны, т.е. на единицу жилой площади расходуется в 2 – 3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Так, жилые многоквартирные здания потребляют в России от 350 до 550 кВт·ч/(м²·год), индивидуальные дома коттеджного типа – от 600 до 800 кВт·ч/(м²·год). Вместе с тем, за рубежом, например в Германии, дома усадебного типа потребляют в среднем по стране около 250 кВт·ч/(м²·год), в Швеции – 135 кВт·ч/(м²·год). Лучшие зарубежные образцы жилых зданий потребляют от 90 до 120 кВт·ч/(м²·год) [12].

Анализ опыта различных стран в решении проблемы энергосбережения [2, 3, 4] показывает, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие в рассматриваемых странах промышленности теплоизоляционных материалов. В некоторых странах, таких, например, как Швеция, Финляндия, Германия, США и др., объем выпуска теплоизоляционных материалов на душу населения в 5 – 7 раз превышает выпуск утеплителей на одного жителя в России [13].

Расчеты показывают, что потребность только жилищного сектора строительства в эффективных утеплителях в 2010 году составила 25 – 30 млн. м³.

Настоящие установленные (проектные) мощности страны по всем видам теплоизоляционных материалов оцениваются в 17 – 18 млн. м³ в год. Объем производства теплоизоляционных материалов в 2002 году составил при этом 8 млн. м³.

Основным видом применяемых в России утеплителей являются минераловатные изделия, доля которых в общем объеме производства и потребления составляет более 65 %. Около 8 %

приходится на стекловатные материалы, 20 % – на пенополистирол и другие пенопласты. Доля теплоизоляционных ячеистых бетонов в общем объеме производимых утеплителей не превышает 3 %; вспученного перлита, вермикулита и изделий на их основе – 2...3 % (по вспученному продукту) [14].

Структура объемов выпуска утеплителей в России близка к структуре, сложившейся в передовых странах мира, где волокнистые утеплители также занимают 60...80 % от общего выпуска теплоизоляционных материалов.

Распределение объемов выпуска утеплителей по стране характеризуется значительной неравномерностью. Ряд крупных регионов, таких, как Архангельская, Калужская, Костромская, Орловская, Кировская, Астраханская, Пензенская, Курганская и другие области, а также Республика Марий Эл, Чувашская Республика, Калмыкия, Адыгея, Карелия, Бурятия и др., не имеют своего производства эффективных теплоизоляционных материалов. Многие регионы страны производят утеплители в явно недостаточном количестве.

Относительно благополучным является Северо-Западный регион, а наибольшие проблемы с утеплителями собственного производства имеются в Северном, Поволжском, Северокавказском и Западно-Сибирском регионах.

До периода рыночных реформ большая часть объема выпускаемых минераловатных изделий была ориентирована на промышленную теплоизоляцию, а интересы жилищного строительства, особенно индивидуального, оставались на втором плане. В настоящее время номенклатура выпускаемой продукции все больше отвечает условиям жилищного строительства, где наряду с традиционными требованиями появляются требования по прочности, долговечности, водо- и атмосфероустойчивости.

Следует признать, что качество и ограниченная номенклатура отечественных утеплителей, выпускаемых многими предприятиями Российской Федерации, не в полной мере отвечает нуждам жилищного строительства. Это позволяет ведущим фирмам западных стран успешно осваивать рынки России и продавать свою продукцию [5, 6].

По данным РБК, в настоящее время в России насчитывается около 60 производителей теплоизоляционных материалов. Часть из них – крупные компании, производящие продукцию под зарегистрированными и узнаваемыми торговыми марками, другая часть – заводы, производящие продукцию, маркируемую в соответствии с классификацией ГОСТа [1].

Среди крупнейших игроков рынка – компания «УРСА Евразия» (18,76 % рынка в натуральном выражении), входящая в испанский концерн Uralita Group. Значительную долю также занимает компания «Rockwool Russia» (13,24 %) – российское подразделение датского концерна Rockwool, являющегося крупнейшим в мире производителем теплоизоляции из минеральной ваты. На третьей позиции значится компания «Сен-Гобен Строительная Продукция» (12,69 %), входящая во французский концерн Saint-Gobain.

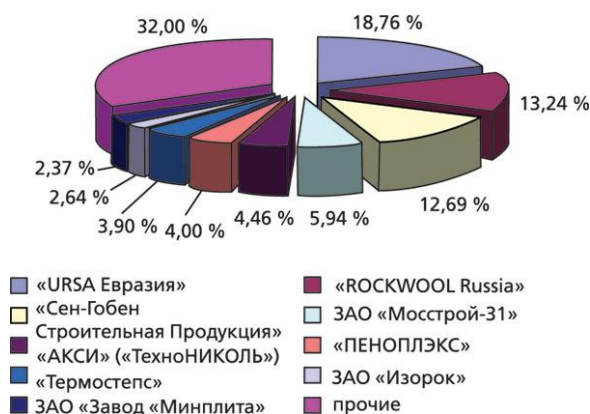


Рис. 3. Позиции крупнейших производителей на российском рынке теплоизоляционных материалов на 2006 г. (источник: ABARUS Market Research – по данным производителей).

Рынок теплоизоляционных материалов можно сегментировать по определенным показателям (рис. 4) [8].

На современном российском рынке теплоизоляционных материалов доминируют волокнистые материалы (стекловата, базальтовая вата), а также экструзионный пенополистирол – ЭПП (XPS) и вспененный пенополистирол – ПСБ-С (EPS) [9].

Строительная отрасль – крупнейший потребитель пенополистирола. С ростом объемов строительства и развитием отечественного производства теплоизоляционных материалов из пенополистирола значение этого сырья для индустрии производства строительных материалов возросло многократно. Емкость рынка полистирола в 2000 – 2008 г. увеличилась в 2,3 раза. В 2006 г. по отношению к 2005 г. емкость рынка полистирола выросла на 22 %, что в немалой степени связано с бурным развитием сегмента производства утеплителей из экструдированного полистирола.

В последние годы в сегменте строительных пенополистирольных плит развивается острая конкурентная борьба между вспененным и экструдированным теплоизоляционными пенополистиролами. Качество материала, изготовлен-

Среди наиболее крупных отечественных производителей утеплителей необходимо упомянуть холдинги «ТехноНИКОЛЬ», «Термостепс», Группу компаний «Пеноплэкс», а также ЗАО «Завод «Минплита». Эти компании активно стремятся увеличивать собственное производство. Следует отметить, что у российских компаний есть шанс значительно потеснить иностранных производителей при условии увеличения объемов производства и осуществления активных мероприятий по продвижению собственной продукции на рынке [7] (рис. 3).



Рис. 4. Сегментирование теплоизоляционных материалов по основным признакам.

ного методом экструзии, – выше, однако он дороже своего «белого собрата» (стоит отметить, что разница в стоимости материалов в последнее время стремительно снижается и сейчас составляет 25 %) [9].

По объемам продаж утеплителя из экструдированного пенополистирола Россия уже догоняет Европу, где объем потребления составил порядка 8 млн. м³ в 2006 г. Если в нашей стране на долю этого материала приходится 4 % в общем объеме потребляемых теплоизоляционных материалов, то в западноевропейских странах – 5 %. Здесь Россия уже обогнала Восточную Европу (2 %) и США (2 %).

В 2008 г. российский рынок экструдированного пенополистирола переживает непростой этап становления. Пристальный интерес строительных и проектных организаций, частных лиц к этому материалу вызвал ажиотажный спрос. Возникла проблема дефицита XPS. Как следствие, цены доходили до 300 долл. США за 1 м³.

Объем мирового рынка плит из экструдированного полистирола (XPS) оценивается примерно в 17,7 млн. м³, что составляет порядка 5 % от общего объема потребления теплоизоляционных материалов. Согласно данным «The Freedonia» до 2010 г. рынок рос на уровне 4 % в год [15].

Следует отметить, что наивысшими темпами объем потребления полистирольных плит растет в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР), где темпы прироста в последние годы достигают 7 – 8 % в год, тогда как в развитых странах спрос увеличивается на 2 – 3 %, кроме того, в последнее время, по оценкам экспертов, темпы роста в США и странах Западной Европы замедляются [9].

Суммарный объем рынка теплоизоляции в России в 2014 году по всем товарным группам в млн. м³ увеличился на 6,7 %. Темпы роста рынка постепенно снижаются, однако рынок теплоизоляции продолжает расти. Наибольшую долю рынка составляют теплоизоляции из стекловаты и минеральной ваты. Преобладающую долю рынка составляют материалы отечественного производства.

Объем импорта теплоизоляции в 2014 году в натуральном выражении уменьшился на 24,5 % по сравнению с 2013 годом. В стоимостном выражении объем импорта теплоизоляции в 2014 году уменьшился на 23,3 %. Суммарный объем экспорта теплоизоляции из России в млн. м³ в 2014 году увеличился на 20,4 %. В стоимостном выражении в 2014 году экспорт увеличился на 5,9 % [16].

Факторами дальнейшего развития рынка теплоизоляции в России являются: продолжающийся рост интереса к энергоэффективным решениям, монополизация рынка теплоизоляционных материалов, развитие государственных программ энергосбережения, проблемы низкокачественных материалов [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений М.: ИНФРА-М, 2003. 268 с.
2. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция».
3. Игнатова О.А. Технология изоляционных строительных материалов и изделий. В 2 ч. Ч. 2. Тепло- и гидроизоляционные материалы и изделия : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 288 с.
4. Овчаренко Е.Г., Артемьев В.М., Шойхет Б.М., Жолудов В.С. Тепловая изоляция и энергосбережение // Энергосбережение. 1999. №2. С. 37–42.
5. Овчаренко Е.Г., Петров-Денисов В.Г., Артемьев В.М. Основные направления развития производства эффективных теплоизоляционных

материалов // Строительные материалы, № 6, 1999.

6. Овчаренко Е.Г. Конкурентно способны ли российские утеплители // Строительная газета, № 21 (9564), 26.05.2000.

7. «Об энергосбережении». Федеральный закон от 03.04.1996 N 28-ФЗ.

8. «Об электроэнергетике». Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ.

9. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий // Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. М.: АВОК ПРЕСС, 2006, 256 с.

10. Анализ рынка теплоизоляционных материалов в России. DISCOVERY Research Group 2014, 393 с. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader: <http://marketing.rbc.ru>.

11. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий // Энергосбережение. 2000. № 3. С. 39–42.

12. Факторович Л.М. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Л.: Гостоптехиздат, 1957. 452 с.

13. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. М.: Энергия, 1976. 392 с.

14. Майзель И.Л., Сандлер В.Г. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Высшая школа, 1988. 240 с.

15. Перспективные технологии и оборудование для производства пенобетона // Строительные материалы, оборудование, технологи XXI века. № 10. 2001. С. 20–21.

16. Рахимбаев Ш.М., Тарасенко В.Н. и др. К вопросу снижения усадочных деформаций изделий из пенобетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 12. С. 41–44.

17. Тарасенко В.Н. Теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные пенобетоны с комплексными добавками // дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / Белгород, 2001.

18. Тарасенко В.Н. Ячеистые бетоны в малоэтажном жилищном строительстве // Научный поиск в современном мире. Сб. материалов 10-й Международной науч.-практ. конф. 2015. С. 142–143.

19. Тарасенко В.Н., Соловьева Л.Н. Проблемы звукоизоляции в жилищном строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 48 – 52.

20. Lesovik R.V., Botsman L.N., Tarasenko V.N. Enhancement of sound insulation of lightweight concrete based on nanostructured granular

aggregate // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, № 10. 2014. С. 1789–1793.

21. Шахова Л.Д., Смоликов А.А., Тарасенко В.Н., Балясников В.В., Коновалов В.М. Пенообразователь для изготовления ячеистых бетонов // патент на изобретение RUS 2199508 21.11.2000.

22. Дмитриенко Б.А., Тарасенко В.Н. Неметаллическая композитная арматура // в сборнике: Современные тенденции в образовании и науке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 10 частях. 2013. С. 51–53.

23. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Повышение долговечности штукатурных фасадных систем // в сборнике: Инновации, технологии, наука Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2015. С. 207–209.

24. Альбом технических решений. Система теплоизоляции «мокрого» типа с тонким штукатурным слоем KREISRL TURBO. М.: 2008, 104 с.

25. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н., Лесовик Р.В., Митрохин А.А. Долговечность штукатурных фасадных систем гражданских зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 22–26.

26. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н., Лесовик Р.В. Диффузионные мембраны в современном строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 4–46.

27. Тарасенко В.Н. Прогнозирование звукоизолирующих свойств ячеистобетонных композитов // В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика: В 3 частях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 135–140.

28. Черныш Н.Д., Тарасенко В.Н. Тенденции формирования комфортных условий в современных зданиях // В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика: В 3 частях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 314–319.

Tarasenko V.N., Denisova Y.V.

THE PROBLEM OF ENERGY CONSERVATION IN RUSSIA

The problem of reducing energy costs, energy efficiency is becoming increasingly important in the global aspect. This problem is especially actual for the Russian economy, as Russia's energy intensity of industrial production and social services is many times higher than the global indices. Analysis of country experiences in addressing the problem of energy saving shows that one of the most effective ways of its solution is the reduction of heat losses through enclosing structures of buildings, structures, industrial equipment and heating networks. In this respect, noteworthy in tensive development in the industries of insulation materials.

Key words: energy efficiency, energy saving, fuel and energy complex, efficient use of energy resources, building envelope, insulation materials, polystyrene foam, mineral wool products.

Тарасенко Виктория Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: vell.30@mail.ru

Денисова Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: jdenisowa@mail.ru

DOI: 10.12737/22315

Меркулов С.И., чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Курский государственный университет
Есипов С.М., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ ФИБРЫ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

pgs@kursksu.ru

В данной статье представлен метод оценки прочности анизотропной однонаправленной углеволоконной ткани при растяжении в плоскости ориентации волокон. Экспериментально изучены принципы деформирования и разрушения образцов ткани, оценена прочность ткани при наличии и отсутствии пропитки эпоксидной смолой, построены диаграммы работы образцов углекомпозиата под нагрузкой. Приведена методология исследования, технология подготовки и особенности экспериментальных образцов. Задачей исследования является выявление применимости углеволокна для усиления потерявших прочность растянутых зон железобетонных элементов, а также установление его физико-механических параметров.

Ключевые слова: Железобетонные конструкции, растяжение, прочность, деформативность, композиционные материалы, углеволокно, фибра, ламинат, усиление конструкций

Композитные материалы широко применяются при усилении эксплуатируемых железобетонных конструкций. В работах [7, 9] выполнен анализ и определены направления применения неметаллической композитной арматуры для усиления железобетонных конструкций, сформулированы основные задачи исследований и развития теории расчета данного класса конструкций. Показано, что основной задачей является проведение экспериментально-теоретических исследований по нормированию характеристик композитных материалов, по оценке сцепления композитных материалов с бетоном усиливаемых конструкций. При усилении железобетонных конструкций методом внешнего армирования наиболее эффективно применение углеродных волокон, которые обладают высокой прочностью на растяжение и высоким модулем упругости. В основном усиление железобетонных конструкций с применением композитов выполняется "мокрым" способом. Способ заключается в послойном наклеивании на поверхность элемента холстов или лент из углеволокна при помощи адгезивных составов или эпоксидных смол с пропиткой каждого слоя. В документах по проектированию усиления железобетонных конструкций композитной арматурой приспособлены положения нормативных документов по проектированию усиления железобетонных конструкций методами увеличения сечения [1, 20, 21].

Так как растягивающие усилия перераспределяются на внешнее армирование, то от механических характеристик композита, в частности - армирующего элемента, т.е. волокон в полной мере зависит несущая способность усиленного элемента. Из этого следует, что для

корректного проектирования и выбора материалов усиления железобетонных элементов необходимо получить достоверную информацию о прочности и деформативности композита при работе на растяжение. Для этого необходимо использовать экспериментальные методы, т.к. аналитические методы описания напряженно-деформированного состояния любого композитного материала сложны и оперируют большим количеством независимых переменных.

Используя опыт описания теории силового сопротивления усиленных железобетонных конструкций [8], можно сказать, что существенное влияние на прочность при растяжении имеет структура композитного материала. Испытания на растяжение образцов композитов на основе стекло- и углефибры имеют особенности и отличаются механизмами разрушения при идентичных условиях нагружения образцов из конструкционных или арматурных сталей. Высокая степень анизотропии и неоднородности, а также отсутствие пластических деформаций углепластика создают трудности при обработке экспериментальных данных и получении объективных характеристик даже при случае одноосного растяжения [2, 4, 5]. Для корректности испытаний необходимым условием является наличие однородного поля деформаций. В композитах принцип Сен-Венана обуславливает расширение зон действия краевого эффекта, что, в свою очередь, диктует необходимость увеличения длины образцов [6, 7].

В рамках программы комплексных экспериментальных исследований усиленных железобетонных конструкций внешним армированием композитными материалами. Выполнены экспериментальные исследования физико-

механических характеристик углеволоконного ламината производства ООО «Конкритстрой», использованного для усиления опытных железобетонных элементов. Для определения механических характеристик углеволоконного ламината испытывали контрольные образцы (полосы) размерами 75×700 мм. Испытания выполнены в соответствии с ГОСТ 25.601-80. Для анкеровки в клиновых захватах испытательной машины WEW-600D образцы снабжаются наклад-

ками из фольгированного текстолита. Схема установки тензометрического оборудования показана на рис. 1. Продольные и поперечные деформации измеряли тензорезисторами КФ5П1 и экстензометрами ИДН-10-50. Испытаны однослойные однонаправленные образцы без пропитки связующим (образец 1а) и контрольный образец с пропиткой эпоксидным связующим (образцы 1б, 2а-2е). Внешний вид опытных образцов показан на рис. 2.

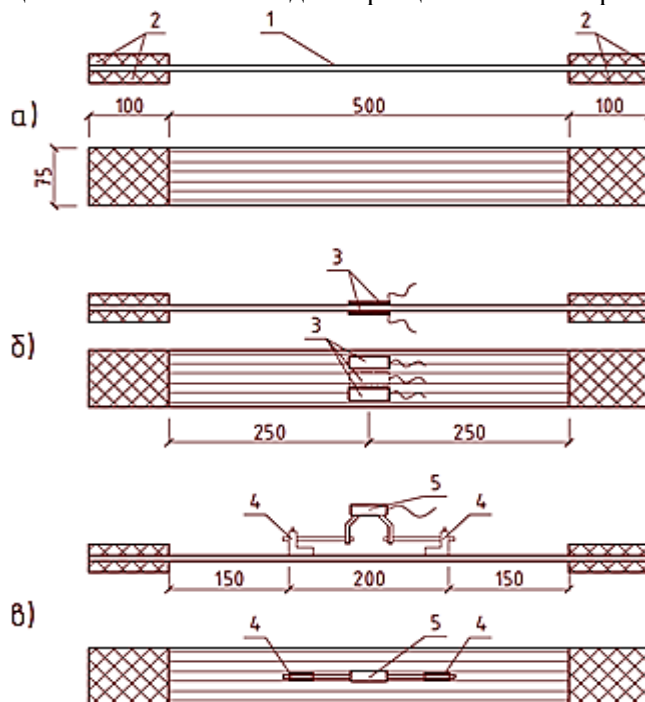


Рис. 1. Эскиз образца для испытаний (а), схема расположения тензодатчиков (б), схема расположения экстензометра (в): 1 – полоса однонаправленного волокна; 2 – текстолитовая накладка; 3 – тензорезистор; 4 – опорный столик экстензометра; 5 – измеритель продольной деформации ИДН-10-50

Испытания образцов проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 25.601-80 и включали:

- испытание до разрушения образца без пропитки связующим (образец 1а);
- испытание образца с пропиткой эпоксидным связующим (образец 1б) для калибровки разрывной машины, для проверки работоспособности опорных накладок и средств измере-

ния, а также для отработки методики нагружения образцов в испытательной машине;

- испытание образцы 2а-2е для определения прочностных и деформативных характеристик углеволоконных ламинат с пропиткой эпоксидным связующим. Образцы нагружались со скоростью 0.1 кН/с до 50 % разрушающей нагрузки для определения модуля упругости, после чего каждый образец был доведен до разрушения.

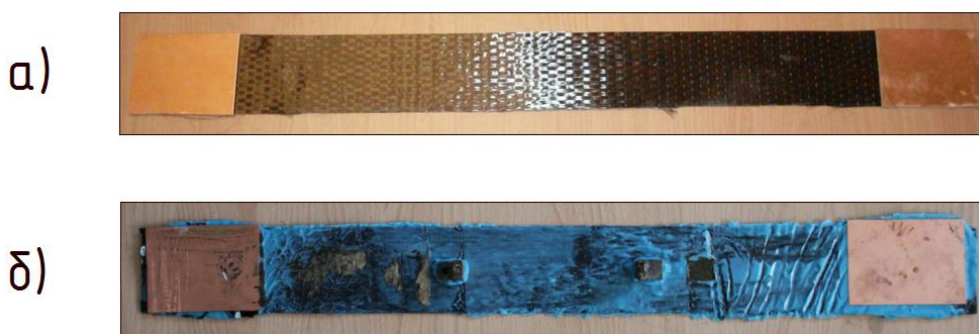


Рис. 2. Внешний вид подготовленных для испытаний образцов: непропитанный (а), пропитанный (ламинат) (б).

В ходе проведенных испытаний, были получены следующие результаты:

1. Образец 1а деформировался линейно и разрушился (см. рис. 4) при нагрузке в 14.74 кН. Характер разрушения - лавинообразный выход из строя отдельных волокон. Стоит выделить, что продольные деформации по длине образца неоднородны, наибольшие значения оказались в средней трети длины, приопорные участки не показали приращения деформаций.

2. Образец 1б продемонстрировал высокую точность установки образцов и соосность приложения нагрузки. Показатели относительной продольной деформации составили: $\varepsilon_1 = 0.353\%$, $\varepsilon_2 = 0.346\%$, $\varepsilon_3 = 0.347\%$. Пользуясь формулами (1, 2), имеем:

$$\frac{\varepsilon_3 - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}}{\varepsilon_3} = \frac{0.347 - \frac{0.353 + 0.346}{2}}{0.347} = 0.006 \leq 0.02;$$

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{0.353 - 0.346}{0.353} = 0.0198 \leq 0.02$$

С точки зрения работы под нагрузкой, образец показал схожие с образцами 2-ой серии результаты.

3. Образцы 2а-2е показали схожесть процессов деформирования и разрушения между собой (см. рис. 4). Деформирование происходило абсолютно упруго, эффекта гистерезиса не наблюдалось. При нагрузке $P_{п.т.} = (0.75 \div 0.85)P_{разр}$ образовывается продольная трещина, соосная с продольной осью образца и проходящая между волокнами. Площадь поперечного сечения при этом остается неизменной. Длина и ширина раскрытия трещины возрастает с увеличением нагрузки, однако, прекращается при нагрузке $P_{п.т.} = (0.9 \div 0.92)P_{разр}$. Образец разрушается хрупко, от разрыва воло-

кон в нескольких поперечных сечениях. Проскальзывания в опорных частях не происходит. Численные показатели нагрузки и деформации в пределах одной серии достаточно однородны (табл. 1). Физико-механические параметры были определены согласно формулам (3, 4, 5).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где Δl – абсолютное удлинение расчетной длины образца при растяжении, мм; l – начальная расчетная длина образца, мм.

$$\sigma_b = \frac{P_{разр}}{A}, \quad (4)$$

где $P_{разр}$ – разрушающая нагрузка, кН; A – площадь поперечного сечения, см².

$$E = \frac{\Delta F}{A} \cdot \frac{1}{\Delta \varepsilon_{11}}, \quad (5)$$

где ΔF – приращение нагрузки, кН; $\Delta \varepsilon_{11}$ – приращение относительной продольной деформации при приращении нагрузки на ΔF , мм.

4. Средняя по серии №1 величина расчетного усилия растяжения при удлинении 0.6% составила 11.55 кН. Средняя по серии №2 величина расчетного усилия растяжения при удлинении 0.6% составила 11.91 кН. Номинальное паспортное значение, приведенное производителем материала ООО «Конкритстрой» – 11.25 кН.

5. Величины исправленных результатов измерений нагрузки и деформаций подчиняются закону нормального распределения. Систематических погрешностей выявлено не было. Статистическая оценка величины предела прочности при растяжении составила 2820 МПа, модуля упругости при растяжении – 276 000 МПа.

Таблица 1

Физико-механические характеристики образцов углеволоконного ламината при испытании на растяжение

Номер образца	Разрушающая нагрузка $P_{разр}$, кН	Абсолютное удлинение при разрушении Δl , мм	Относительная продольная деформация при разрушении ε , %	Предел прочности при растяжении σ_s , МПа	Модуль упругости при растяжении E , МПа
1а	14.74	9.45	1.89	1911.58	101 114
1б	21.98	4.985	0.999	2850.8	279 585
2а	22.67	5.07	1.014	2940.3	286 900
2б	20.28	5.055	1.011	2630.35	259 400
2в	21.5	4.875	0.975	2788.58	285 343
2г	21.78	5.12	1.025	2824.58	275 568
2д	21.96	5.14	1.028	2847.92	277 035
2е	21.72	5.24	1.048	2816.79	268 777

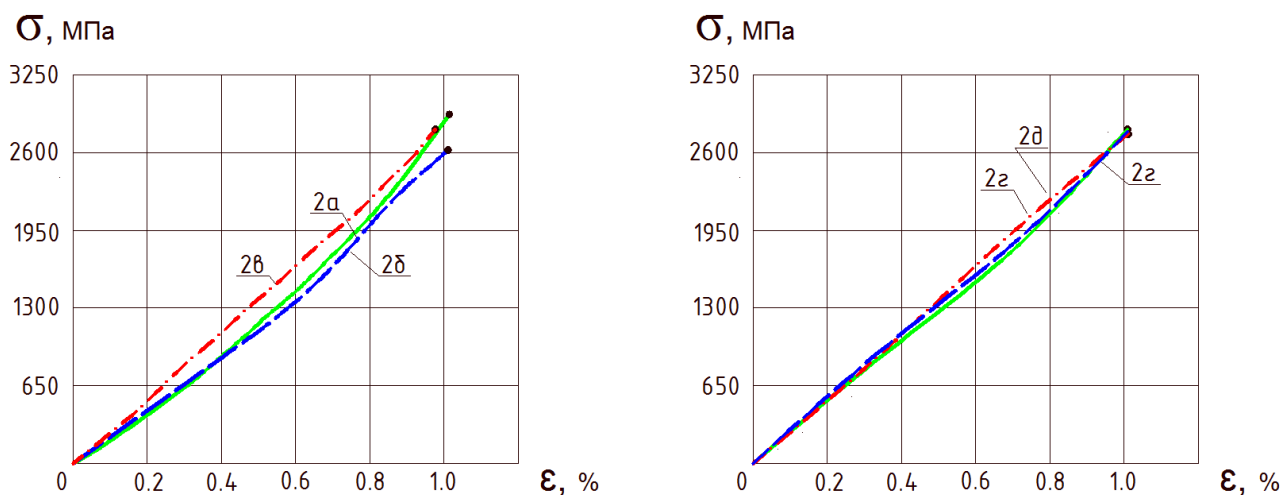


Рис. 3. Диаграммы работы образцов под нагрузкой

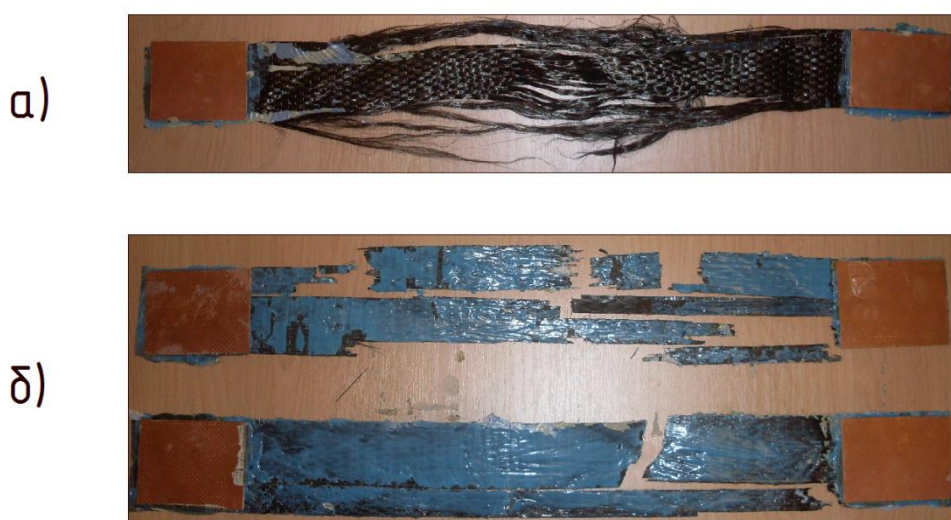


Рис. 4. Внешний вид образцов после разрушения: сухой (а), ламинат (образцы 2д, 2е) (б)

Выводы.

Экспериментальное исследование работы углепластикового композита позволило оценить его несущую способность при одноосном нагружении в плоскости волокон. Деформирование по достижении определенного уровня напряжений (см. выше) вызывает постепенное разрушение перегруженных волокон, заканчивающееся хрупкой потерей несущей способности.

Относительное удлинение при разрыве сухого углеволокна выше, чем у ламината. Показатели составили 1.89 % и 0.992 % соответственно. Это связано с отсутствием перераспределения усилий в поле матрицы и отсутствием сдерживания поперечного деформирования. Омоноличивание волокон в эпоксидном связующем, т.е. создание композитного ламината меняет характер работы углеродных волокон: жесткость и несущая способность увеличивается.

Характер разрушения композитного материала – хрупкий. Разрушение происходит от

нормальных напряжений в рабочей зоне. Плоскость разрыва волокон перпендикулярна оси приложения нагрузки. Это подтверждает теорию работы материала, изложенную в [5, 8, 9].

Были определены экспериментальные значения физико-механических характеристик углеволоконного ламината при одноосном растяжении. Полученные данные в высокой степени соотносятся с номинальными значениями характеристик, приведенными производителем материала ООО «Конкритстрой». Отклонение расчетных значений связано с дисперсией механических характеристик углеволокна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. М.: ЦНИИСК, 2014. 50 с.
2. ГОСТ 25.601-80 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских

образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980. 15 с.

3. ГОСТ 12423-66 Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб). М.: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1967. 8 с.

4. ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2013. 23 с.

5. Стрижало В. А., Земцов М. П. Жесткость и прочность слоистых углепластиков при одноосном нагружении // Проблемы прочности. 2001. №6. С. 61–71.

6. Фролов Н.В., Обернихин Д.В., Никулин А.И., Лапшин Р.Ю. Исследование свойств ком-

позитной арматуры на основе стеклянных и базальтовых волокон // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 18–21.

7. Римшин В.И., Меркулов С.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38–42.

8. Римшин В.И., Меркулов С.И. О нормировании характеристик стержневой неметаллической композитной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 22–26.

9. Меркулов С.И. Анализ и перспективы развития усиления бетонных конструкций композитной арматурой // В сборнике: Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения Материалы Международных академических чтений. Курский государственный университет. 2015. С. 167–171.

Merkulov S.I., Esipov S.M.

THE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON CARBON FIBERS UNDER UNIAXIAL TENSION

This article presents a method to estimate the strength of anisotropic unidirectional carbon fiber fabric tensile in-plane fiber orientation. Experimentally studied the principles of deformation and destruction of tissue samples, evaluated the strength of the fabric in the presence and absence of impregnation with epoxy, built charts, work samples / composite under load. Given the research methodology, the technology of preparation and characteristics of the pilot samples. The objective of the study is to identify the applicability of carbon fiber to reinforce the lost strength of the stretched zones of concrete elements, and the determination of its physico-mechanical parameters.

Key words: reinforced Concrete structures, tensile, strength, deformability, composites, carbon fiber, fiber, laminate, reinforcement of structures.

Меркулов Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru

Есипов Станислав Максимович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: sk31.sm@gmail.com

Фролов Н.В., ассистент,
Полоз М.А., аспирант,
Колесникова Е.Г., студентка

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ ОБ ИСПЫТАНИИ СТЕРЖНЕВОЙ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

frolov_pgs@mail.ru

В статье описаны особенности испытания стержневой полимеркомпозитной арматуры на осевое растяжение. Отмечается, что непосредственное закрепление образца такой арматуры в штатных захватах испытательной машины приводит к его смятию. Во избежание этого согласно ГОСТ 32492 испытания необходимо проводить с использованием специальной муфты, которая была апробирована в ходе экспериментальных исследований. Установлено совместное проскальзывание отвержденного состава и образца в стальной профильной трубке. Выявленным недостатком не обладает усовершенствованная конструкция стандартной муфты. С ее применением определены деформативно-прочностные характеристики стержней стеклопластиковой арматуры. Рассмотрены также технические решения инвентарных муфт и губок для аналогичных испытаний.

Ключевые слова: полимеркомпозитная арматура, стержень, анкерочный слой, испытательная муфта, сцепление, разрушающая нагрузка.

Введение. Современный отечественный рынок строительных материалов и изделий насыщен изобилием товаров для изготовления армобетонных конструкций зданий и сооружений. К сожалению, не все такие товары, прежде чем быть задействованными на практике, в должной степени комплексно исследованы. Это в первую очередь относится к стержневой полимеркомпозитной арматуре (ПКА), которая после весьма красочной, но необоснованной рекламной кампании производителей приобретает все большую популярность в индивидуальном жилищном домостроении.

Особенно абсурдно выглядят таблицы равнопрочной замены стержней стальной арматуры класса по прочности на растяжение А400 на стержни меньшего диаметра стеклопластиковой или базальтопластиковой арматуры, где эквивалентный расчет производится по показателю временного сопротивления разрыву и намеренно не учитываются деформативные характеристики материалов. Благо, что сложившийся в профессиональном строительстве консерватизм, связанный с применением для несущих конструкций проверенного временем классического железобетона, пока позволяет избежать крупных аварий.

В работах [1–3] установлено, что основным существенным преимуществом ПКА перед стальной арматурой выступает высокая стойкость к воздействиям агрессивных сред. Коррозия арматурной стали снижает долговечность железобетона [4], поэтому использование ПКА в некоторых случаях может повысить срок службы армобетонных конструкций и расширить об-

ласти их применения, но необходимо проведение дополнительных исследований.

На сегодняшний день стержневая полимеркомпозитная арматура является довольно «сырым» продуктом строительного производства и требует всестороннего изучения и совершенствования физико-механических свойств. В экспериментальном определении деформативно-прочностных характеристик свойств на осевое растяжение имеется ряд специфических особенностей, которые усложняют испытательный процесс. Актуально эти особенности рассмотреть.

Методология. Контрольные испытания стержней стеклопластиковой арматуры на осевое растяжение выполнены соответствующим методом по ГОСТ 32492.

Основная часть. Методика испытания на растяжение стержней стальной арматуры по ГОСТ 12004 не пригодна для аналогичных испытаний стержней ПКА. При непосредственном закреплении полимеркомпозитного стержня в штатных захватах испытательной машины и последующем растяжении происходит смятие и проскальзывание концевых участков этого образца (Рис.1, а). Разрыв обычно наступает в зоне с наибольшей концентрацией напряжений – в захватах. Для стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры испытания по такой методике позволяют получать достоверные экспериментальные данные лишь до уровня нагрузки 20–30 % от разрушающей P_u .

Полную картину деформирования стержней ПКА при осевом растяжении можно получить

их испытаниями соответствующим методом по ГОСТ 32492, который был введен относительно недавно на основании ГОСТ 31938. По данному стандарту во избежание смятия полимеркомпозитного стержня в захватах испытательной машины необходимо использовать специальные муфты, конструкция которых состоит из стальной профильной трубки определенной длины наполненной после вставки стержня составом холодного отверждения и закупоренной пробками. В ходе апробации таких муфт, с учетом [5, 6], выявлено: состав холодного отверждения

в виде эпоксидной или полиэфирной смолы имеет хорошее сцепление с различными анкерочными слоями стержней полимеркомпозитной арматуры; применение профильной стальной трубки минимально требуемых размеров зачастую приводит к совместному проскальзыванию в ней отвержденного состава и стержня (рис. 1, б), что недопустимо; испытательный процесс имеет трудоемкий и длительный подготовительный период. Таким образом, приведенная в стандарте конструкция испытательной муфты нуждается в усовершенствовании.

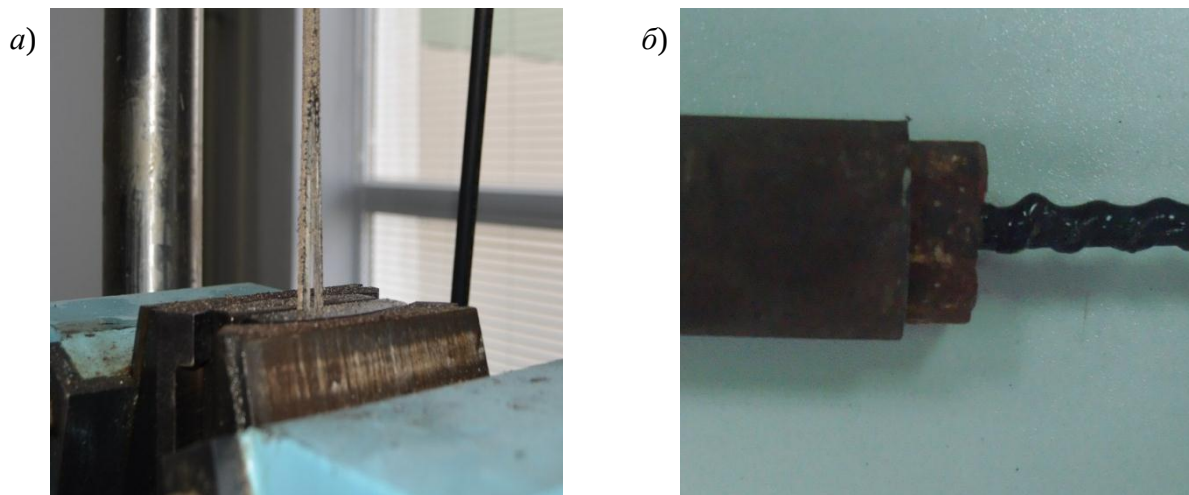


Рис. 1. Смятие и проскальзывание конечного участка полимеркомпозитного стержня в захвате испытательной машины (а) и совместное проскальзывание отвержденного состава и образца арматуры в стальной трубке (б)

Исходя из того, что сжимающую силу захватов испытательной машины воспринимает только стальная трубка испытательной муфты, а усадочные напряжения состава холодного отверждения ничтожно малы, то для корректного испытания стержня ПКА на осевое растяжение до разрыва должно одновременно выполняться следующее:

$$\tau_B \leq \begin{cases} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \\ \tau_4 \end{cases}, \quad (1)$$

где условно обозначено:

τ_B – максимальные касательные напряжения, которые возникают на поверхностях раздела фаз внутренней конструкции испытательной муфты при разрушающей нагрузке; τ_1 – предел прочности сцепления анкерочного слоя с силовым стержнем, величину которого при испытании готового образца изменить нельзя. Анкерочный слой устраивается во время отверждения полимерной матрицы композита путем намотки на силовой стержень непрерывного волокна ли-

бо напыления песка. При недостаточном сцеплении, как показывают исследования [7, 8], возможна срезка анкерочного слоя. Поэтому целесообразнее для создания выступов и неровностей профилировать сам силовой стержень; τ_2 – предел прочности сцепления анкерочного слоя с отвержденным составом испытательной муфты. Обеспечивается силами механического и адгезионного сцепления; τ_3 – предел прочности сцепления отвержденного состава с внутренней поверхностью трубки испытательной муфты. Также обеспечивается силами механического и адгезионного сцепления; τ_4 – характеристика сопротивления отвержденного состава испытательной муфты срезу.

Показатели правой части выражения (1) зависят от выбранного состава холодного отверждения и вида анкерочного слоя полимеркомпозитного стержня.

Касательные напряжения τ_B определяются согласно выражению:

$$\tau_B = \frac{P_u}{\pi \cdot d \cdot l_f} = \frac{\sigma_B \cdot d}{4 \cdot l_f}, \quad (2)$$

где: d – номинальный диаметр стержня; l_f – длина заделки стержня в испытательной муфте; σ_B – предел прочности на осевое растяжение.

Экспериментально установлено, что условие $\tau_B \leq \tau_3$ из выражения (1) хорошо выполняется при использовании усовершенствованной конструкции испытательной муфты по ГОСТ 32492 (рис. 2). На внутренней поверхности стальной профильной трубки электродуговым сварочным аппаратом созданы шероховатости, увеличивающие механическое сцепление отвердевшего состава со стенками. В дополнение, конец трубки ближний к рабочему участку стерж-

ня сплюснен для создания при растяжении клинового эффекта, который не приводит к передеванию и разрушению стержня в зоне анкеровки. При испытании стержней большего номинального диаметра нужно увеличивать размеры стальной трубки. В качестве состава холодного отверждения применена полиэфирная смола марки NOVOL Plus 720.

Были проведены контрольные испытания на осевое растяжение серии стержней стеклопластиковой арматуры с песчаным покрытием ROCKBAR (ООО «Гален») номинальным диаметром 6 мм. Количество образцов в серии составляло 12 штук.

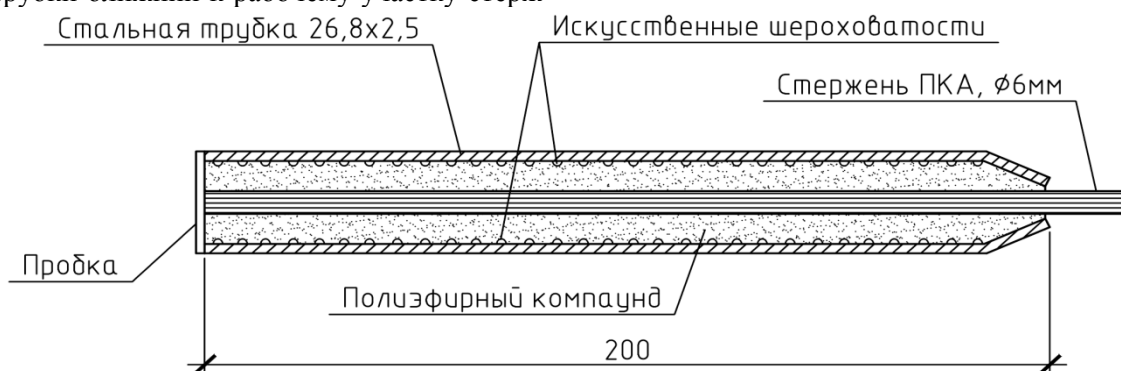


Рис. 2. Схема усовершенствованной конструкции испытательной муфты по ГОСТ 32492

Испытания осуществлены в специализированной лаборатории кафедры Строительства и городского хозяйства БГТУ им. В.Г. Шухова при помощи гидравлической разрывной машины WEW600D (рис. 3, а). Скорость приращения нагрузки составляла 0,06 кН/с. Величина относительного удлинения образцов определялась экстензометром марки YU-10/50.

Разрушение всех образцов стеклопластиковой арматуры хрупкое, с разрывом и продольным расслоением волокон в пределах рабочего участка (рис. 3, б). Между напряжениями и деформациями наблюдается линейная зависимость вплоть до разрыва. Результаты испытаний после статистической обработки представлены в табл. 1.

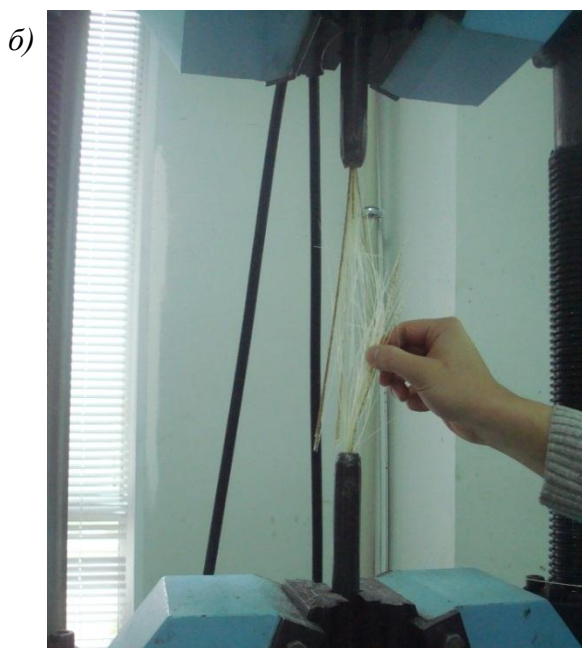
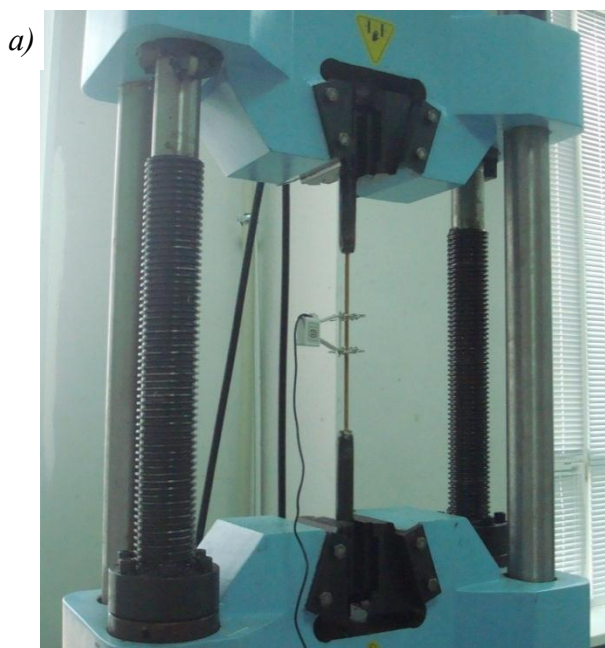


Рис. 3. Общий вид испытания (а) и характер разрушения (б) стержней стеклопластиковой арматуры

Таблица 1

**Средние значения деформативно-прочностных характеристик стержней
стеклопластиковой арматуры при осевом растяжении**

Вид арматуры	Предел прочности σ_B , МПа	Начальный модуль упругости E_f , МПа	Относительное удли- нение ε_B , %
Стеклопластиковая арматура ROCKBAR, $\varnothing 6$ мм	1166,4	48306	2,41

Следует отметить, что стоимость материалов для двух испытательных муфт более чем в 20 раз превосходит стоимость образца стеклопластиковой арматуры. При этом повторное применение этих муфт практически невозможно. Возникает проблема утилизации.

В работах [6, 9–11] описаны несколько интересных технических решений инвентарных муфт и губок, которые, по заявлениям авторов, позволяют обеспечить стабильность фиксации образцов малых диаметров (до 8 мм) и их разрушение в рабочей зоне. В ходе дальнейших исследований будет выполнена их апробация, а пока для всей номенклатуры стержневой полимеркомпозитной арматуры при испытаниях рекомендуется использовать стандартную испытательную муфту с учетом дополнений, описанных выше.

Выводы. Стержневая полимеркомпозитная арматура является перспективным строительным материалом, который может повысить эффективность применения армобетонных конструкций, но необходимо проведение дополнительных исследований совместной работы такой арматуры с бетоном при длительном действии нагрузок в широком спектре температур, а также в условиях коррозионных воздействий.

Использование усовершенствованной конструкции муфты по ГОСТ 32492 позволяет испытывать стержни полимеркомпозитной арматуры на осевое растяжение вплоть до разрыва в пределах рабочего участка без смятия и прокаливания их в захватах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Староверов В.Д., Бароев Р.В., Цурупа А.А., Кришталевиц А.К. Композитная арматура: проблемы применения // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 171–178.
2. Римшин В.И., Меркулов С.И. О Нормировании характеристик стержневой неметаллической композитной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 22–26.
3. Фролов Н.В., Обернихин Д.В., Никулин А.И., Лапшин Р.Ю. Исследование свойств композитной арматуры на основе стеклянных и базальтовых волокон // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 18–21.

4. 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.

5. Гиздатуллин А.Р., Хозин В.Г., Куклин А.Н., Хуснутдинов А.М. Особенности испытаний и характер разрушения полимеркомпозитной арматуры // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 3 (47). С. 40–47.

6. Бенин А.В., Семенов С.Г. Особенности испытаний композитной полимерной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 9. С. 42–46.

7. Бенин А.В., Семенов С.Г. Экспериментальные исследования сцепления композитной арматуры с плоской навивкой с бетоном // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 74–76.

8. Кустикова Ю.О. Исследование свойств базальтопластиковой арматуры и ее сцепления с бетоном // Строительство: наука и образование. 2014. № 1. С. 1.

9. Тюриков В.В., Литиков А.П., Ахмедов А.Д. Специфика испытаний композитной полимерной арматуры // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. Сборник статей под ред. М.И. Балзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 42–47.

10. Широко А.В., Камлюк А.Н., Спиглазов А.В., Дробыш А.С. Определение механических свойств композитной арматуры с учетом температурного воздействия // Механика машин, механизмов и материалов. 2015. № 2 (31). С. 59–65.

11. Литиков А.П., Элекина Е.Н. Модификация захватных устройств для испытания композитной арматуры // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность. Сборник статей по материалам 72-й Всероссийской научно-технической конференции. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 271–273.

Frolov N.V., Poloz M.A., Kolesnikova E.G.**RESEARCH OF THE POLYMER COMPOSITE REINFORCEMENT TEST UNDER AXIAL LOADING**

Properties of polymer composite reinforcement test under axial loading are described in the article. It is significant, that standart testing machine holding jaws crumple samples. In according to requirements of GOST 32492, it's necessary to use a special muff, which was tested in the experiment. Creeping of material in steel tube was found out. Improved muff was suggested. Strength and deformation properties of glass-plastic reinforcement were determined. Technical solutions of muffs and jaws were also considered.

Key words: *polymer composite reinforcement, rod, anchoring cover, test muff, adhesion, ultimate loading.*

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.ploz@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.gjktc@yandex.ru

Сборщиков С.Б., д-р экон. наук, проф.,
Лазарева Н.В., канд. техн. наук,
Лейбман Д.М., аспирант
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет

ОСОБЕННОСТИ ИНЖИНИРИНГОВОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

tous2004@mail.ru

Современный этап развития РФ характеризуется тем, что перед нашей страной стоит задача по наращиванию темпов технологического и социально-экономического роста. Решение этой задачи в инвестиционной сфере связано с разработкой и реализацией целого комплекса мер по совершенствованию отраслевых систем управления и оптимизации воздействия, как со стороны государства, так и со стороны корпоративного звена. Одно из важных мест в комплексе этих мероприятий занимает проблема формирования и эффективного функционирования механизма регулирования и стимулирования инвестиционно-строительной деятельности, основанных на принципах инжиниринга.

Ключевые слова: строительство, управление, инжиниринг, технически сложные объекты.

Введение. Инжиниринг в строительстве – это самостоятельная профессиональная деятельность, осуществляемая инженерами-консультантами инжиниринговыми компаниями по контрактам с заказчиками, и включающая комплекс услуг, конечная цель которых получение

наилучших результатов от затрат на реализацию инвестиционно-строительных проектов в течении всего жизненного цикла – от замысла до вывода объекта из эксплуатации. Базовая структура инжиниринга в строительстве представлена на рисунке 1.

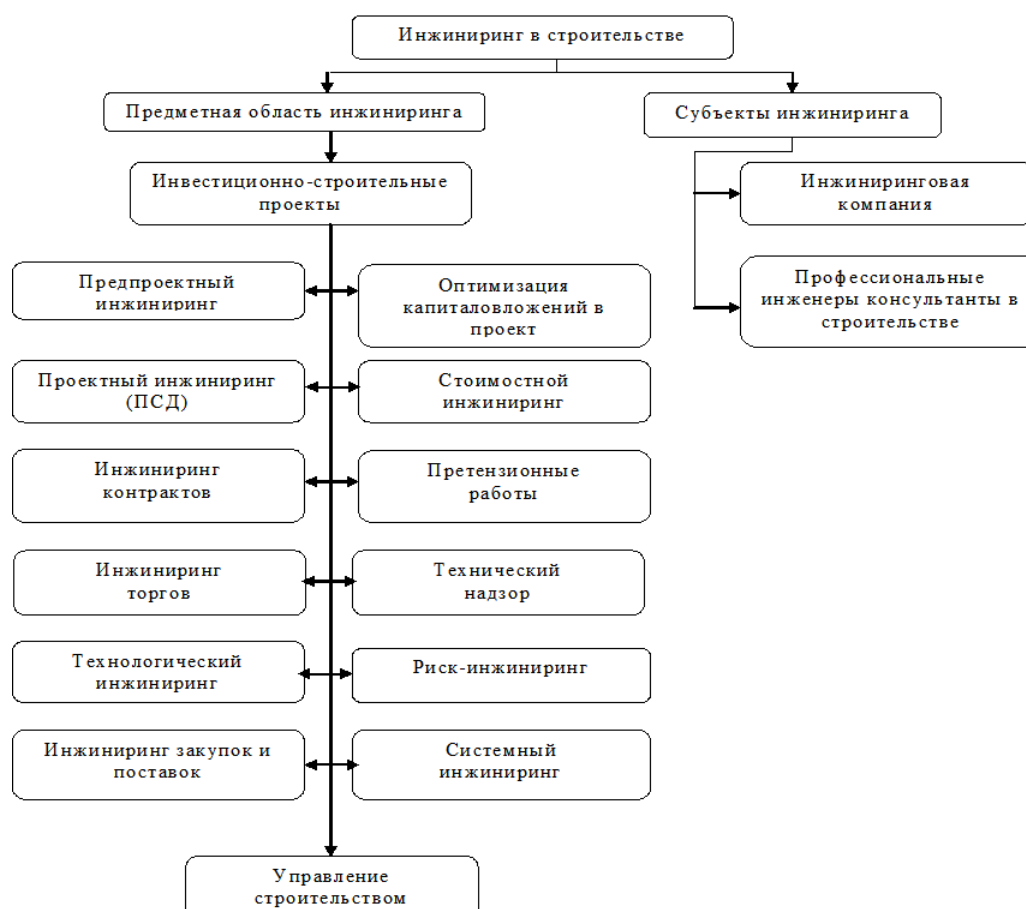


Рис. 1. Базовая структура инжиниринга в строительстве

Методология. Учитывая особенности строительной деятельности, а также то, что самостоятельные предприятия и организации вовлечены в совместную деятельность, функциональное наполнение системы управления проектами имеет следующие составляющие: осуществление планирования реализации проекта в целом и каждого участника в частности; координация производства работ по объему, месту и времени; ведение контроля за соблюдением договорных обязательств всеми участниками проекта; решение конфликтных и спорных ситуаций; невмешательство в производственно-коммерческую деятельность участников проекта.

Следует отметить, что использование метода управления проектом в рамках механизма регулирования инвестиционно-строительной деятельности характеризуется наличием большого разнообразия вариантов реализации инвестиционно-строительных проектов, их организационно-правовых структур, влияния на эффективность многочисленных факторов (технологических, организационно-экономических, социально-политических и т.д.).

Следовательно, можно резюмировать, что в инжинирингу, в рамках управления инвестиционно-строительными проектами, сегодня требуется совершенствование нормативно-методической основы, а также высококвалифицированный инженерно-технический и административно-управленческий персонал.

Основная часть. Принято выделять следующие характерные особенности инвестиционных проектов строительства уникальных и технически сложных объектов.

Во-первых, строительные проекты рассчитаны на длительный период, учитывая сложность конструкций, высокую технологичность и длительность поставки оборудования, а так же высокие требования к качеству работ, возведение объекта занимает значительную часть времени реализации проекта. Эксплуатация и как следствие получение экономического эффекта от реализации проекта наступает позже, что повышает уровень риска для инвестора.

Во-вторых, к реализации проекта привлечены несколько сторон, которые делят между собой разные типы связанного с данным инвестиционно-строительным проектом риска.

В-третьих, спектр рисков существенно отличается на разных стадиях осуществления проекта. На стадии проектирования и строительства объекта основные риски связаны со своевременным производством работ, превышением лимита средств. Риски, связанные с недополучением дохода возникают на стадии эксплуатации объекта. При этом, на протяжении всех стадий, из-

менения во внешней среде так же могут повлечь возникновение рисков

В-четвертых, инвестиционные проекты строительства уникальных и технически сложных объектов трудно ранжировать в связи с большой значимостью (социальной, государственной и т.д.). Кроме того, существенно ограничивают возможности группировки специфичные проектные риски, свойственные подобным объектам.

Снижение рисков, в первую очередь, на стадии строительства, возможно при наличии участника реализации инвестиционно-строительного проекта, который берет на себя функции координатора работ всех участников возведения объекта. Подобным субъектом может выступать организатор строительства, которому делегируются функции, реализуемые на строительной площадке управляющим проектом, заказчиком, генеральным подрядчиком. Именно на основе принципов инжиниринга возможна интеграция данных функций и их эффективное выполнение.

Обособление организатора строительства повлечет изменения в управлении инвестиционно-строительным циклом, а так же трансформирует сферы компетенции субъектов инвестиционно-строительной деятельности на этапе строительства, что приведет к изменению схемы организации управления.

Сегодня, традиционная схема организации управления на строительной площадке с участием генподрядной организации (рис. 2) испытывает стагнацию, вызванную наличием с одной стороны негативных факторов, таких, как ограничение конкуренции, нехватка мощностей и квалифицированных трудовых ресурсов у существующих генподрядных компаний, погоня за «легкими» деньгами, отсутствием желания современного менеджмента экономить средства на реализацию проекта, с другой стороны реальные предпосылки к трансформации в схему организации управления строительными проектами с участием организатора строительства (рис. 3).

Сегодня, следует отметить, что некоторые строительные компании, неявно, но перешли к инжиниринговой схеме или реализуют в частичной форме. Глубинными причинами подобного перехода, не рассматривая наружные проявления кризиса генподрядной схемы и сделав вывод, что данный переход является объективным процессом, послужило следующее:

1. Усложнение задач управления крупными инвестиционно-строительными проектами, а это, как правило, уникальные и технически сложные объекты;
2. Формирование, за счет центров прибы-

ли и центров ответственности, мотивации на конечный результат;

3. Потребность в создании единого центра принятия управленческих, технических, технологических и организационных решений;

4. Создание более совершенного механизма управления производством на уровне «строительный объект», основывающегося на четком разграничении областей компетенции и формировании более надежной, но при этом простой схемы трансфера информации.

Введение в процесс организатора строительства, в качестве отдельного субъекта на уровне строительного объекта, видится наибо-

лее эффективным решением указанных задач.

В роли организатора строительства могут выступать как самостоятельные инжиниринговые компании, так и отдельные подразделения компаний-управляющих инвестиционно-строительными проектами, выполняющие инжиниринговую функцию. Решение комплекса технико-технологических, организационных, экономических и управленческих задач на уровне «строительный объект» или «организационно-пространственный модуль» вызывает необходимость привлечения инжиниринговых компаний или подразделений.

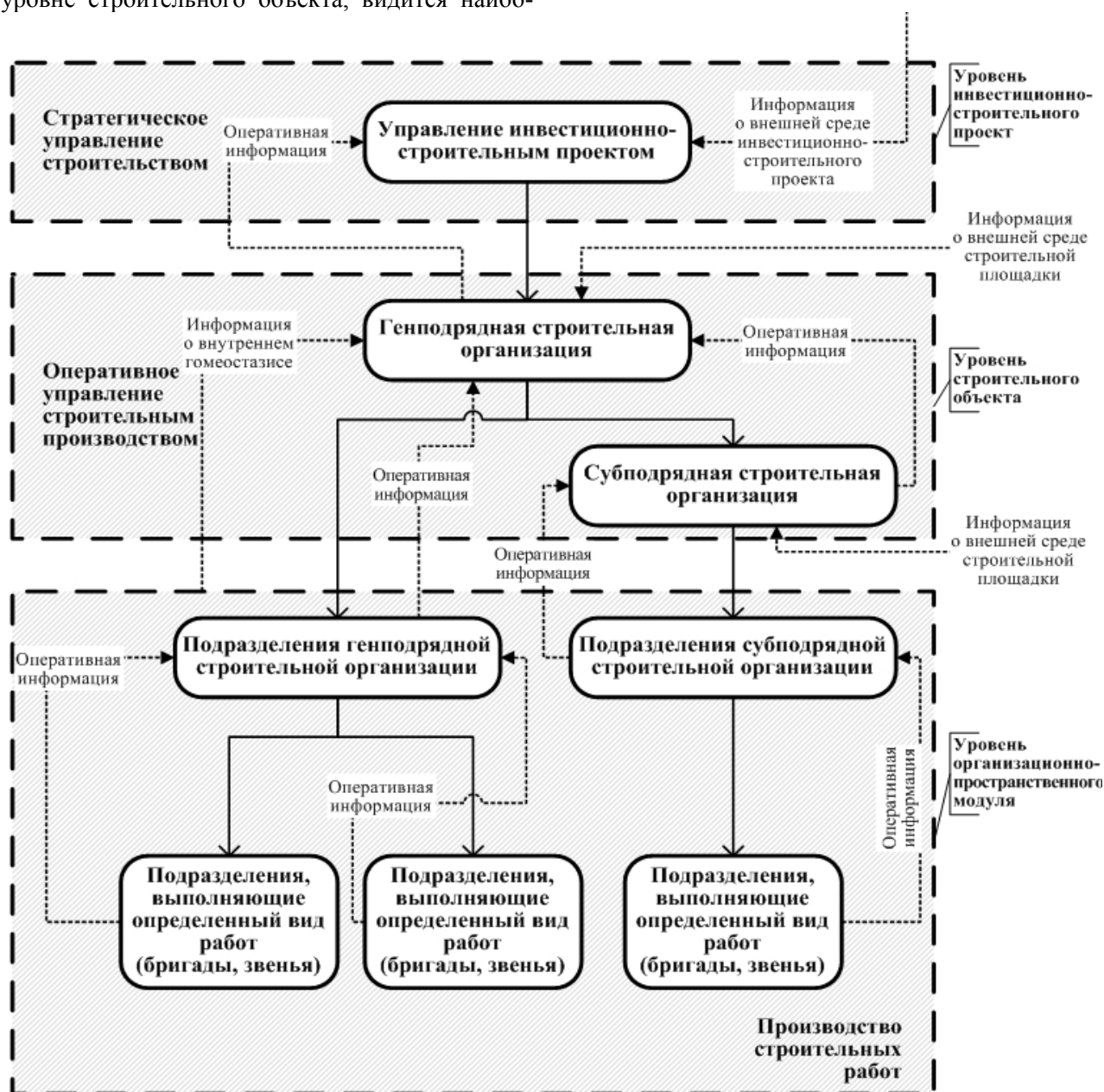


Рис. 2. Традиционная генподрядная схема организации управления строительством

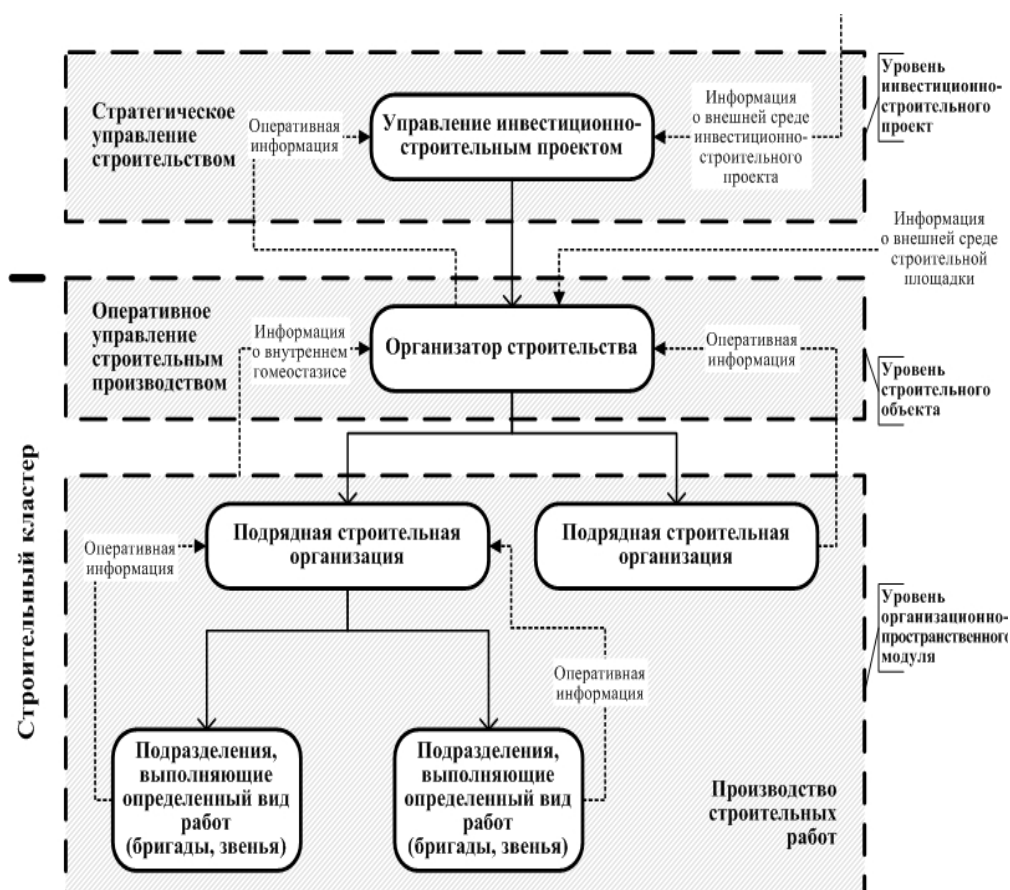


Рис. 3. Инжиниринговая схема организации управления строительством

Выводы. Правовые взаимоотношения инжиниринговой компании и подрядных организаций, осуществляющих выполнение работ в рамках проекта, регулируются основным контрактом (соглашением), заключенным между заказчиком и подрядчиком, на основании которого инжиниринговая компания выступает представителем заказчика, со всеми вытекающими отсюда правовыми аспектами и наделяется полноценными правами в отношении контроля за выполнением работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексанин А.В. Оценка экономической эффективности использования новых технологий, материалов и решений в проектах по энергосбережению // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 164.
2. Жаров Я.В. Учет организационных аспектов при планировании строительного производства в энергетике // Журнал ПГС. 2013. №5. С. 69–71;
3. Журавлев П.А. Цена строительства и этапы ее формирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 9 (104). С. 174–178.
4. Лазарева Н.В. Стоимостной инжиниринг как основа интеграции процессов планирования,

финансирования и ценообразования в инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 178–185.

5. Лазарева Н.В., Жаров Я.В. Математическое описание информационного взаимодействия в инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2014. № 5. С. 170–175.

6. Сборщиков С.Б. Системотехническое описание проблемы разграничения планирования и текущей производственной деятельности в строительных организациях // Вестник МГСУ. 2011. Т. 1. № 1. С. 215–220.

7. Сборщиков С.Б. Теоретические основы построения организационной структуры и принятия решений в энергетическом строительстве // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2009. № 10. С. 230.

8. Сборщиков С.Б. Теоретические основы формирования новых организационных схем реализации инвестиционно-строительных проектов в энергетическом секторе на основе интеграции принципов инжиниринга и логистики // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 146–150.

9. Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Алексанин А.В. Распределение трудовых ресурсов по объектам строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 185–187.

10. Алексанин А.В. Автоматизация управления отходами строительного производства // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 79–81.

11. Алексанин А.В. Перспективные направления развития организации строительства // Научное обозрение. 2015. № 10–1. С. 378–381.

Sborshikov S.B., Lazareva N.V., Leibman D.M.

FEATURES OF THE ENGINEERING SCHEME OF MANAGEMENT OF CONSTRUCTION OF TECHNICALLY DIFFICULT OBJECTS

The present stage of development of the Russian Federation is characterized by the fact that our country is faced by a task on building-up of rates of technological and social and economic growth. The solution of this task in the investment sphere is connected with development and implementation of the whole package of measures for enhancement of industry management systems and optimization of impact, both from the state, and from a corporate link. One of important places in a complex of these actions is occupied by a problem of forming and effective functioning of the mechanism of regulation and stimulation of investment and construction activities, based on the principles of engineering.

Key words: construction, management, engineering, technically difficult objects

Сборщиков Сергей Борисович, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Технология, организация и управление в строительстве».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: tous2004@mail.ru

Лазарева Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технология, организация и управление в строительстве».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

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

E-mail: nata_0986@mail.ru

Лейбман Дмитрий Михайлович, аспирант.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: vincere@mail.ru

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Беликова Г.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМОКВАНТОВ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Обеспечение организационно-технологической надежности с использованием системоквантов строительных процессов определяется по иерархической структуре технологических процессов возведения объекта по критерию времени.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, строительное производство, строительный процесс, системокванты.

По определению академика А. А. Гусакова: «Надежность организационно-технологическая (ОТН) – способность организационных, технологических, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства в условиях случайных возмущений, присущих строительству как сложной вероятностной системе» [1, 2, 3,].

Надежность строительного процесса – свойство сохранять работоспособность на протяжении заданного периода. Количественные характеристики надежности строительного процесса определяются надежностью совместного функционирования составляющих элементов: технических средств (ТС), трудовых ресурсов (ТР), материальных элементов (МЭ).

Надежность элемента строительного процесса по критерию времени характеризуется коэффициентом готовности (Кг.э.), определяемым отношением времени безотказной работы эле-

мента ко времени выполнения процесса по формуле:

$$K_{гэ} = T_0 / (T_0 + T_в); \quad (1)$$

где T_0 – время наработки на отказ, $T_в$ – время восстановления.

Соединение элементов строительного процесса в смысле надежности принимается последовательным, т.е. отсутствие или сбой одного из элементов приводят к остановке или сбоям в выполнении процесса (рис.1). В производственных системах, состоящих из последовательно соединенных n элементов надежность $R_{\text{посл}}$ выражаются формулой:

$$R_{\text{посл}} = R_1 R_2 R_3 \dots R_n = \prod_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

где R_i – надежность i -го элемента производственной системы.

Эта формула называется часто законом произведения надежности [1, 2, 4,].

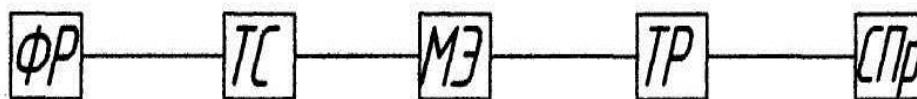


Рис. 1. Схема надежности строительного процесса: ФР – фронт работ; ТС – технические средства; МЭ – материальные элементы; ТР – трудовые ресурсы; СПр – строительный процесс

Надежность строительного процесса характеризуется коэффициентом готовности (Кг.пр.) определяемым по формуле:

$$K_{г.пр.} = K_{г.фр} \cdot K_{г.т.с} \cdot K_{г.м.э.} \cdot K_{г.т.р}, \quad (3)$$

где: $(K_{г.фр})$, $(K_{г.т.с})$, $(K_{г.м.э.})$, $(K_{г.т.р})$ – соответственно коэффициенты готовности фронта работ, технических средств, материальных элементов, трудовых ресурсов.

Значения надежности элементов строительных процессов ТС, МЭ, ТР принимаем по среднестатистическим данным наблюдений за ходом строительства объектов за период 1995-2015г.г.; ТС-0.95; МЭ-0.97; ТР-0.9.

Определяем надежность простых технологических процессов состоящих из трёх рабочих операций по иерархической структуре системоквантов (рис. 2).

В результате расчетов (табл.1) получаем надежность простых строительных процессов по критерию времени (коэффициент готовности простого процесса и события дерева целей –

$K_{г.собр.37}$ равную – 0.57 или $(0,83)^3$ [$K_{г.собр.37}=0.57=(0.83)^3$].

По иерархической структуре технологических процессов возведения объекта (рис.2) определяем надёжность по критерию времени или коэффициент готовности события $K_{г.собр.40}=(0,83)^{12}$ (табл.2).

Цель – сдача объекта

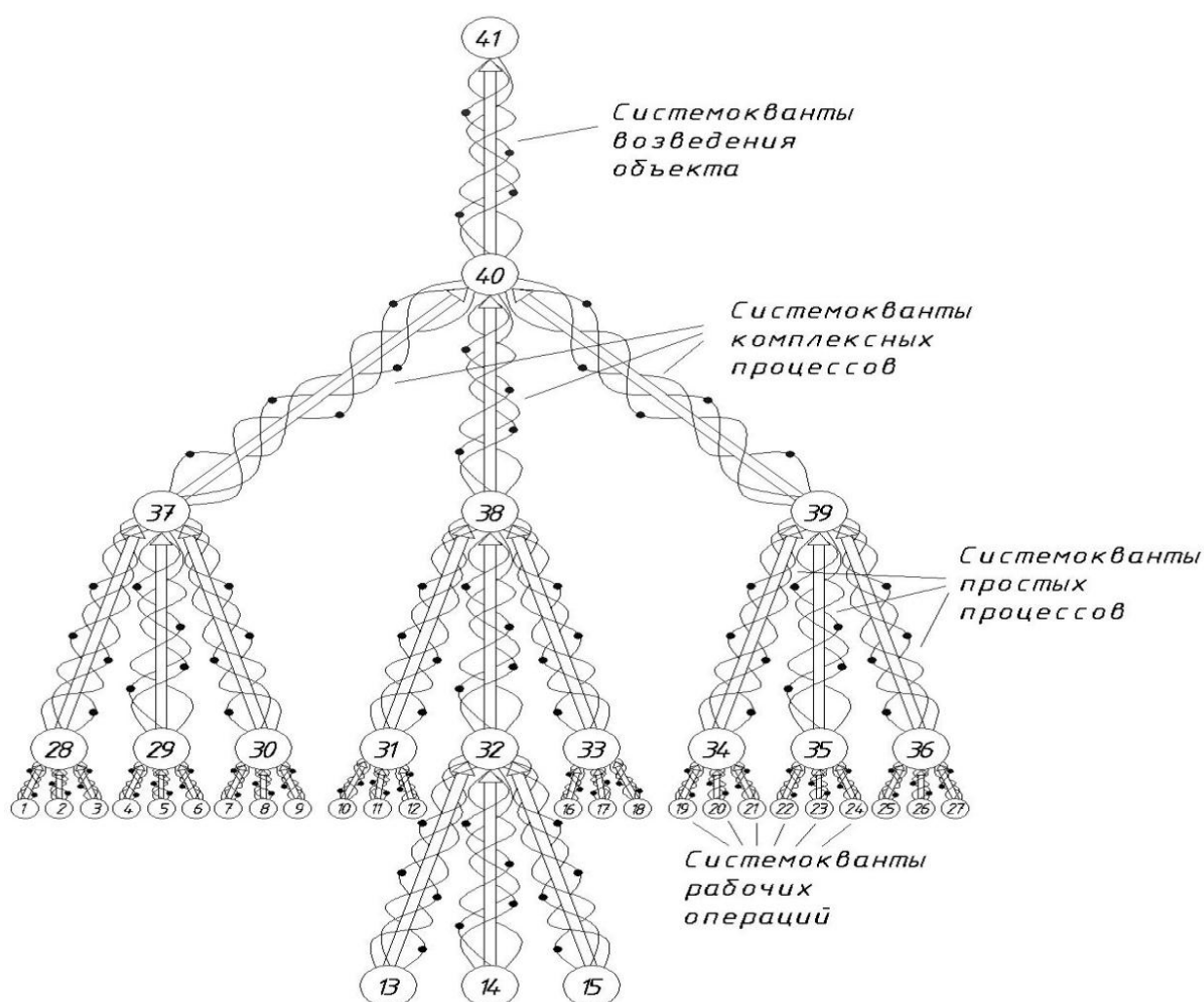


Рис.2. Иерархическая структура (дерево целей) формирования системоквантов строительных процессов и объектов:

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

Аналогично производим расчеты надежности по критерию времени процессов возведения

объекта и получаем коэффициент готовности последнего события: $K_{г.собр.41}=(0,83)^{36}$ (табл.2).

Таблица 1

**Расчёт надёжности рабочих операций “1-28”,...“27-36” и простых строительных процессов
“28-37”,...“36-39”**

Код операции, процесса	Наименование операций, процессов	Коэффициенты готовности Кг				
		Фронт работ	Технич. средств.	Матер. элемен.	Трудов. ресурс.	Процессов
		ФР	ТС	МЭ	ТР	ПР
1-28	Первая	1	0,95	0,97	0,9	0,83
2-28	Вторая	1	0,95	0,97	0,9	0,83
3-28	Третья	1	0,95	0,97	0,9	0,83
28-37	Итого: 1 процесс	1	$(0,95)^3$	$(0,97)^3$	$(0,9)^3$	$(0,83)^3$

Проведенные расчеты показывают, что усложнение (детализация) систем

строительного производства приводит к увеличению количества последовательно связанных элементов, что по основному закону теории надежности снижает надежность всей системы пропорционально геометрической прогрессии числа элементов (рис.3).

Практика показывает, что фактически надежность строительных систем выше приведенных показателей по расчетам и чем более

детально и подробно проработаны организационно-технологические модели поточного строительства и проведена комплексная инженерная подготовка строительного производства, тем выше надежность [5, 6, 7, 8].

Проблеме обеспечения надежности строительного производства посвящены работы Г. К. Лубенца (1965, 1968, 1976 г.г.), который видит ее решение в комплексной инженерной подготовке производства на основе использования «поузлового метода» [9].

Таблица 2

Расчёт надёжности комплексных процессов и процесса возведения объекта

Код операции, процесса	Наименование операций, процессов	Коэффициенты готовности Кг				
		Фронт работ	1 прост. процесс	2 прост. процесс	3 прост. процесс	Процес-сов
		ФР				ПР
37-40	Первый	$(0,83)^3$	$(0,83)^3$	$0,83^3$	$(0,83)^3$	$(0,83)^{12}$
38-40	Второй	$(0,83)^3$	$(0,83)^3$	$0,83^3$	$(0,83)^3$	$(0,83)^{12}$
39-40	Третий	$(0,83)^3$	$(0,83)^3$	$0,83^3$	$(0,83)^3$	$(0,83)^{12}$
40-41	Возведение объекта	$(0,83)^9$	$(0,83)^9$	$(0,83)^9$	$(0,83)^9$	$(0,83)^{36}$

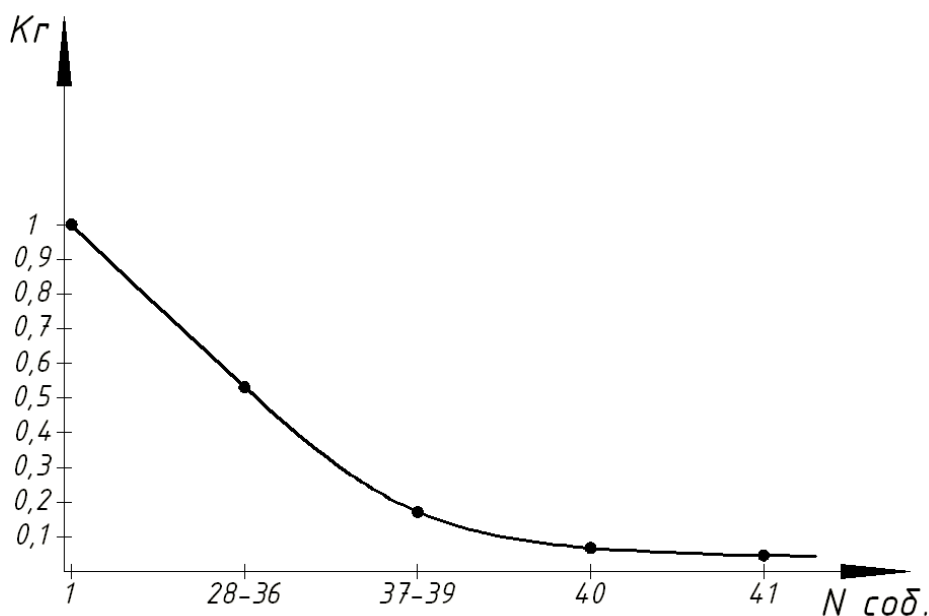


Рис. 3. График изменения надежности процессов возведения объекта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надёжность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования). М. Стройиздат, 1974, 252 с.
2. Гусаков А.А., Гинзбург А.В. и др. Организационно-технологическая надёжность строительства. М.: SVR-Аргус, 1994. 472с.
3. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь; под ред. А.А. Гусакова. М.: Изд-во АСВ, 2004.320с.
4. Седых Ю.И., Лазебник В.М. Организационно-технологическая надёжность жилищно-гражданского строительства. М.: Стройиздат, 1989. 399с.
5. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами реконструкции городской застройки: Белгород: Изд-во БГТУ, 2012-230 с.
6. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами строительства объектов и комплексов: Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 217с
7. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами реконструкции городской застройки. Издатель: Saarbrücken, Deutschland LAP LAMBERT Academic Publishing,/ Германия, 2015. - 254 с.
8. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами строительства. Издатель: Saarbrücken, Deutschland LAP LAMBERT Academic Publishingю Германия, 2016. 263 с.
9. Лубенец Г.К. Подготовка производства и оперативное управление строительством. Киев. Будівельник, 1976, 732с.

Lebedev V.M., Belikova G.V.**CERTAIN ORGANIZATIONAL-NECHNOLOGICAL RELIADILITY CONSTRUCTION OF THE USE SISTEMOKVANTOV**

Providing organizational and technological reliability using sistemokvantov building processes is determined by the hierarchy of processes construction of the object for the time criterion.

Key words: *organizational and technological reliability, construction production, construction process, sistemokvanty.*

Лебедев Владимир Михайлович, 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: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Беликова Галина Владимировна, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: galynik1991@yandex.ru

Пашикова Л.А., ст. препод.,
Денисова Ю.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭВОЛЮЦИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЛИМПИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ

jdenisowa@mail.ru

Роль архитектуры в совершенствовании спортивных объектов и популяризации спорта является актуальной задачей архитекторов, проектировщиков и строителей. Олимпийские игры сопровождаются созданием спортивных сооружений, выдающихся как в архитектурном, так и в конструктивном отношении. Эти сооружения символизируют достижения технического прогресса. Изучение и анализ практики строительства и эксплуатации крупнейших сооружений Олимпиад осуществляется с целью выявления происходящих в этой области строительства эволюционных процессов на примере большепролетных сооружений. В статье рассмотрены конструктивные схемы ключевых олимпийских сооружений.

Ключевые слова: олимпийские объекты, спортивные сооружения, стадионы, ледовые арены, мембранные оболочки, олимпийский парк.

В последние годы в нашей стране прошла целая череда значимых спортивных событий: Универсиада (Казань 2013), Олимпиада (Сочи 2014), Чемпионат мира по водным видам спорта (Казань – 2015), Чемпионат мира по хоккею (Москва, Санкт-Петербург – 2016) и другие. Для проведения соревнований такого уровня возникла необходимость строительства новых спортивных сооружений, поскольку существующие не отвечали требованиям современного спорта.

А на сегодняшний день роль архитектуры в совершенствовании спортивных объектов и популяризации спорта является весьма актуальной проблемой. Многие спортивные сооружения, такие как крытые стадионы, ледовые арены, манежи, волейбольные и баскетбольные площадки, крытые теннисные корты имеют большую площадь и исключают наличие внутри здания несущих опор.

Олимпийские игры являются не только крупным событием в спортивной жизни всего мира, но и смотрам достижений строительной науки и техники страны-организатора. Олимпийские игры сопровождаются созданием спор-

тивных сооружений, выдающихся как в архитектурном, так и в конструктивном отношении, сооружений, которые символизируют достижения технического прогресса. Изучение и анализ практики строительства и эксплуатации крупнейших сооружений Олимпиад осуществляется с целью использования всего лучшего, что было выработано этой практикой. Большепролётная архитектура всегда занимала и продолжает занимать особое место в мировой истории. Это направление сохранило к себе повышенный интерес в профессиональной среде и сегодня. Именно поэтому большепролётные проекты стали характерным признаком современных крупных городов. И, в основном, это здания общественного назначения, где свойства таких конструкций – как функциональные, так и эстетические – имеют возможность ярко проявить себя.

В Мельбурне в 1956 г. для Олимпиады был построен крытый бассейн на 5,5 тыс. зрителей (рис. 1), представляющий собой перевернутую усеченную пирамиду поставленную на призматическую цокольную часть [1].

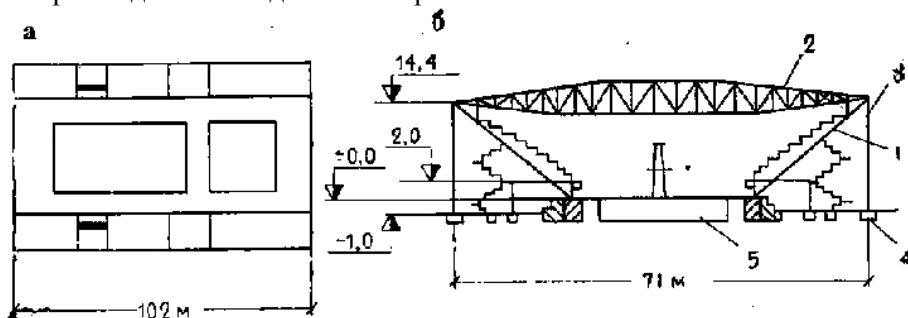


Рис. 1. Мельбурн, 1956 г.; а – схематический план; б – конструктивный разрез;

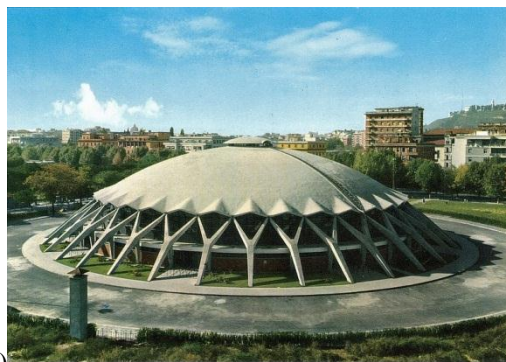
1 – наклонная решетчатая балка; 2 – ферма покрытия; 3 – оттяжка; 4 – анкерная опора; 5 – ванны бассейна

Наклонные стены бассейна, образованные несущими конструкциями трибун — решетчатыми стальными балками, одновременно служат каркасом здания. На верхние концы решетчатых балок оперты полигональные стальные висячие фермы, являющиеся несущей конструкцией покрытия. Узлы опирания ферм соединены вертикальными металлическими оттяжками с массивными бетонными анкерными блоками, которые использованы как выразительное средство архитектурного оформления фасадов здания.



а)

В Риме для XVII Игр (1960 г.) по проекту выдающегося итальянского инженера П. Нерви построены Малый и Большой Дворцы спорта (рис. 2). Малый Дворец спорта вместимостью 5 тыс. зрителей перекрыт сборно-монолитной ребристой оболочкой в форме купола пролетом 59 м в уровне верха наклонных опор, поддерживающих покрытие. Общий пролет 80 м, высота 18 м. Угол наклона опор соответствует направлению опорных реакций купола.



б)

Рис. 2. Малый Дворец спорта: а) макет, б) фото, Рим, Италия, 1956-57, арх. Аннибале Вителлоцци, инж. Пьер Луиджи Нерви

Оболочка выполнена из тонкостенных сборных армоцементных элементов ромбической формы [2]. Ребра купола, обеспечивающие устойчивость оболочки и улучшающие акустику зала, образованы замоноличенными бортами. Достоинство этого сооружения — полное соответствие инженерных решений функциональным требованиям: интересная рациональная конструкция покрытия создала яркое архитектурное решение здания в целом.

Большой Дворец спорта в Риме вместимостью 15 тыс. перекрыт складчатым куполом пролетом 120 м, образованным армоцементными элементами V-образного сечения. Высота сооружения 33 м. Линии стыков волн-ребер радиально расходятся от замка купола к наклонным железобетонным опорам, расположенным в

пределах внутреннего пространства фойе и вестибюлей. Такое размещение наклонных железобетонных опор обогатило интерьер здания, дало возможность использовать несущую конструкцию как наиболее законное и прекрасное архитектурное украшение, считал О. Перре.

Построенный в Мехико в 1968 г. комплекс «Альберка Олимпиада» (рис. 3) осуществлен в виде двух самостоятельных спортивных универсальных залов: вместимостью 5 тыс. зрителей и бассейна вместимостью 15 тыс., перекрытых висячим вантовым покрытием размером 132×75 м [3]. Сетчатая пространственная плита двойной кривизны подвешена девятью парами канатов к трем рядам мощных железобетонных пилонов, поставленных в торцах и в середине здания.

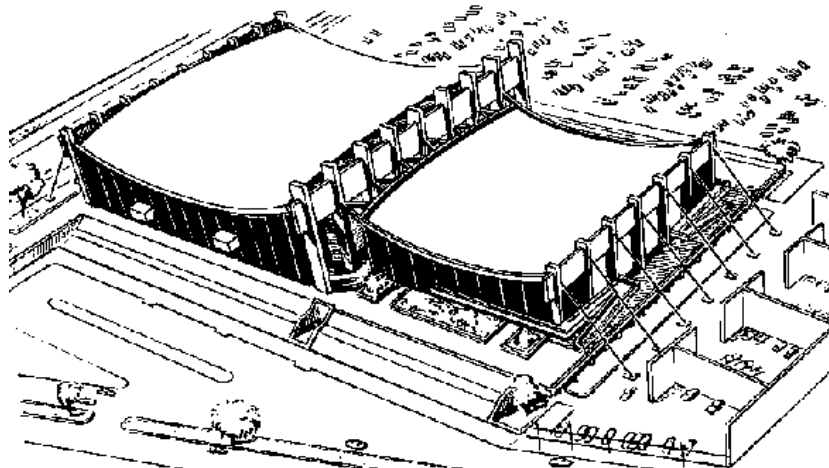


Рис. 3. Комплекс «Альберка Олимпиада», Мехико

Распоры воспринимаются оттяжками, заанкеренными в массивных фундаментах по обеим торцовым сторонам сооружения. Покрытие напряжено, усилия предварительного напряжения передаются через бортовые решетчатые балки на наклонные железобетонные конструкции трибун. Плавные линии покрытия, мощные пилоны и большие плоскости витражей придали

зданию выразительность; здесь впервые было использовано общее покрытие для двух самостоятельных спортивных залов.

Олимпийский стадион в Монреале (рис. 4). Основа конструктивного решения стадиона, включая башню являлся центральным спортивным объектом XXI летних Олимпийских игр 1976 года.



Рис. 4. Олимпийский стадион в Монреале

В подготовке к XXII Олимпийским играм в Москве было построено 11 крытых спортивных сооружений. Все эти сооружения выполняли еще и благородную миссию: служить людям для занятий физкультурой и спортом, для проведения массовых общественных мероприятий. В конкурсных предложениях превалировали пространственные системы покрытий, такие как мембраны, висячие системы с жесткими нитями, висячие тросовые конструкции, железобетонные оболочки. При этом конструкции покрытия должны были быть не только легкими, наименее

трудоемкими, но и объединить в себе функциональные и эстетические требования в одно органическое целое, т.е. конструктивная форма обеспечивала условия нормальной эксплуатации здания.

Такие принципы воплощены в четырех унифицированных группах покрытий [4].

Мембранные оболочки – для крытого стадиона на пр. Мира (пролеты покрытия 224×183 м), велотрека в Крылатском (168×138 м) (рис. 5), универсального спортивного зала в Измайлове (72×66 м) (рис. 6).

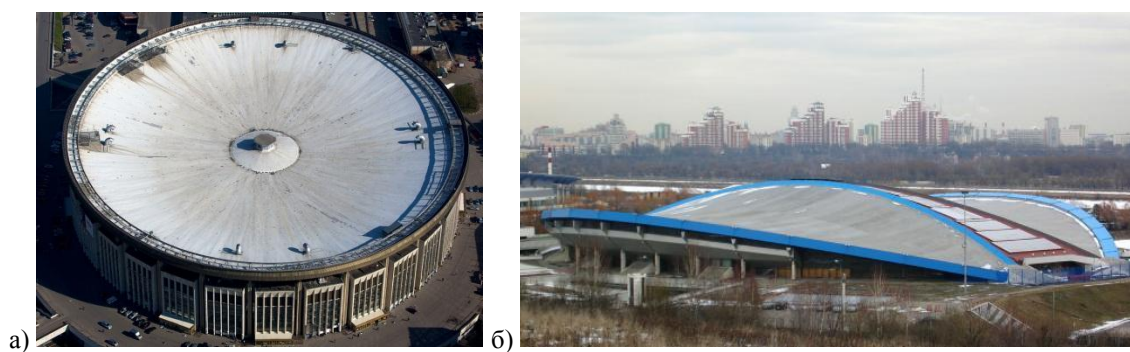


Рис. 5. Олимпийские объекты Москвы:

а) «Олимпийский» стадион; б) велотрек в Крылатском

Висячие покрытия с жесткими нитями — для крытого плавательного бассейна пр. Мира (пролеты покрытия 126×104 м) и универсального зала на ул. Лавочкина (74×68 м).

Пространственные решетчатые плиты (структуры) для объектов временного питания и спортивных сооружений.

Пологие сферические железобетонные оболочки — для универсального спортивного зала в Лужниках (88×88 м).

Плоскостные (балочные) большепролетные конструкции применены в легкоатлетическом и футбольном манеже на Ленинградском проспекте (110×300 м), малой спортивной арены в Лужниках (90×130 м), в крытом манеже в Битце (60×90 м).

А теперь, рассмотрим конструктивные схемы ключевых олимпийских сооружений Олимпиады 2014 г., Сочи [5]. Если обвести мысленно территорию комплекса вместе с подъездом, по-

лучится силуэт сковородки, на которой расположилось около одиннадцати основных спортивных сооружений Олимпийского парка, которые как и ранее, имеют значение постолимпийского использования сооружений.

Самым грандиозным сооружением Олимпийского парка является стадион "Фишт" (рис.

7), на котором прошли церемонии открытия и закрытия [1]. После игр: футбольный стадион. Конструктивная схема трибун и подтрибунной части здания – каркасная. Материал каркаса для нижнего уровня трибун и постоянных трибун верхнего яруса – монолитный железобетон

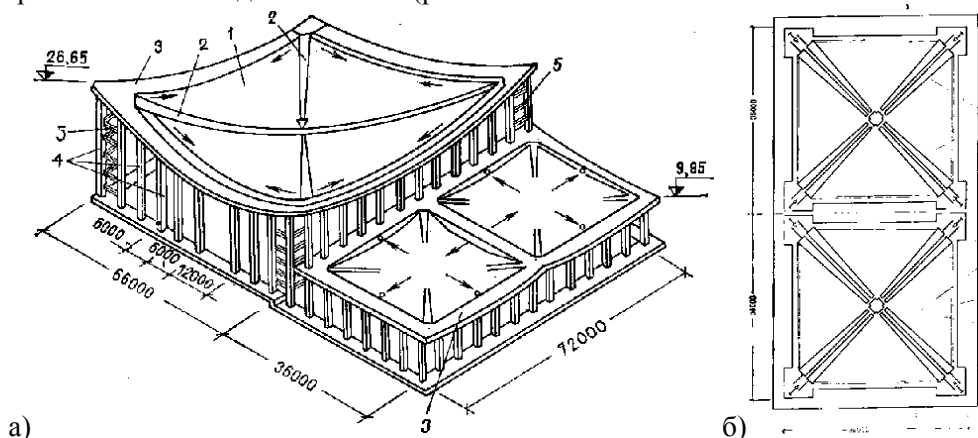


Рис. 6. а) конструктивная схема сооружения; б) конструктивное решение покрытия тренировочных залов
1 – тонколистовая мембрана из нержавеющей стали толщиной 2 мм; 2 – диагональные подкрепляющие элементы; 3 – железобетонный опорный контур; 4 – железобетонные колонны; 5 – диафрагмы жесткости; (стрелками показаны уклоны кровли)

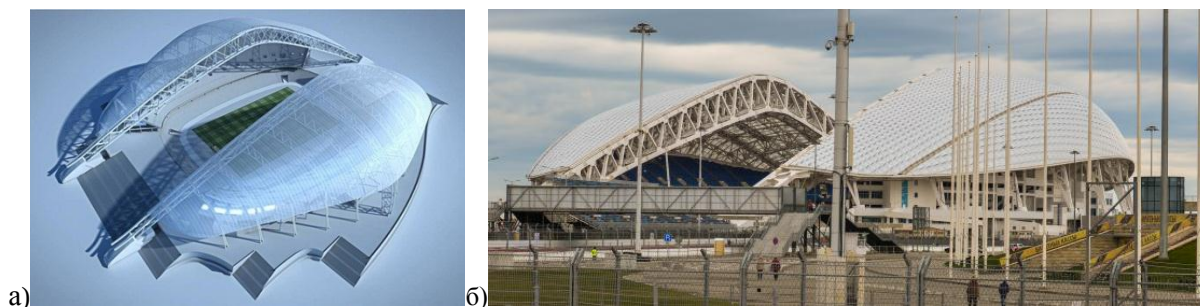


Рис. 7. Главной особенностью конструкции являются две гигантские балки, на которых держится стеклянная крыша: а) модель стадиона «Фишт», б) фото стадиона

Вторым по величине спортивным объектом является ледовый дворец "Большой" (рис. 8), где проходили соревнования по хоккею с шайбой. После игр: спортивный и развлекательный

центр. Конструктивная схема: впервые в отечественной практике ледовый дворец выполнен в виде сложного купола — оболочки с идеально ровной поверхностью.

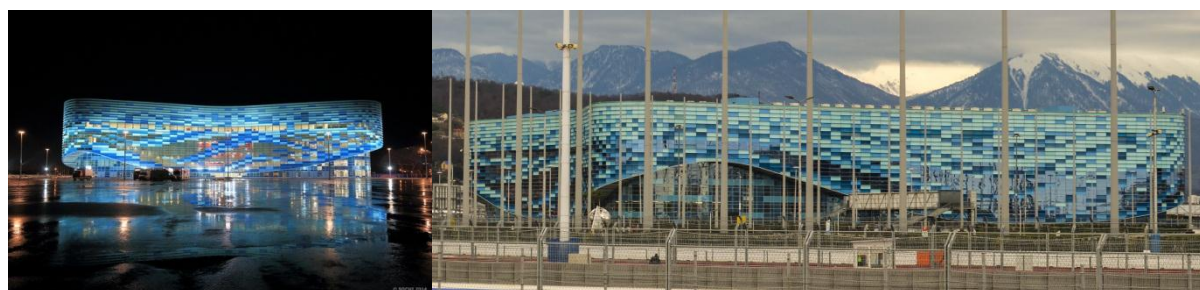


Рис. 8. Фасад крытого катка имеет волнообразную форму и обшит витражами

Ледовый дворец зимнего спорта "Айсберг" вместимостью 12 тысяч зрителей использовался для фигурного катания и соревнований по шорт-треку. После игр: велодром [6]. Объект сборно-

разборного типа с возможностью демонтажа и переноса. Переплетающиеся волны на фасадах здания, сформированные стеклом и сэндвич-панелями обшиты витражами цвета неба. Благо-

даря фигурным изгибам стеклянного фасада здания, внешний облик дворца схож с надвигающимся айсбергом. Кроме того, стекло, выгнутое в плавных, красивых комбинациях, похоже на траекторию движения фигуриста при выполнении одного из прыжков.

Облицовка наружных стен выполнена из витражных конструкций. На стенах «Айсберга» – более 600 тонн стеклопакетов. Прозрачность этого стекла изменяется в зависимости от количества солнечного света. Зимой оно сохраняет тепло внутри помещений, а летом защищает здание от полуденных солнечных лучей, позволяя экономить на кондиционировании. Каждый этаж имеет свое цветовое решение, помогающее зрителям ориентироваться между ярусами и сек-

торами Ледового дворца. Так же предусмотрены специальные архитектурно-планировочные решения для маломобильных групп населения (пандусы, санузлы) в соответствии со СНиП 35-01-2001.

Конькобежный центр "Адлер-Арена" предназначен для соревнований по скоростному бегу на коньках. После игр: торгово-выставочный центр. Стандартный 400-метровый овальный конькобежный стадион. Вмещает 8 тысяч зрителей и представляет собой овальный стадион с двумя соревновательными дорожками и одной тренировочной [7]. Каток построен в Олимпийском парке Сочи, на высоте 3 м над уровнем моря. Был открыт в конце 2012 года.

Керлингвый центр "Ледяной куб" (рис. 9).



Рис. 9. Керлингвый центр "Ледяной куб"

Во время игр: соревнования по керлингу. После игр: здание может быть демонтировано и перемещено в другой регион. Конструктивная схема – прообразом самого маленького в Олимпийском парке стадиона стал ледяной куб. Приблизить облик арены к многограннику помогли современные декоративные материалы, прямые линии на фасаде и используемые цвета – оттенки от серого к серебристому.

Ледовый дворец "Шайба" во время игр: соревнования по хоккею и следж-хоккею [8]. После игр здание может быть демонтировано и перемещено в другой регион. Конструкция Ледовой Арены очень хитро продумана: позволяет демонтировать ее с целью вывоза и установки этого здания в любом другом месте для дальнейшего использования как ледового катка.

Тренировочная арена для хоккея – спортивное сооружение (рис. 10).



Рис. 10. Тренировочная арена для хоккея

В постолимпийский период архитектурно-строительные решения объекта обеспечивают возможность разборки несущих, ограждающих конструкций и оборудования, с последующей транспортировкой их в город Ставрополь, а в

дальнейшем использование объекта в качестве Ледового дворца спорта для проведения спортивно-оздоровительных занятий по ледовым видам спорта и концертно-зрелищных мероприятий. Компоновка основных и вспомогательных

зон спортивного центра решена с учетом спецификации их функционирования и с учетом их постолимпийского использования.

Комплекс "Лаура", вместимостью 7,5 тысяч зрителей, расположился на гребне и склонах горного хребта Псехако в 10 км северо-восточнее поселка Красная Поляна. Состоит из двух отдельных стадионов с зонами старта и финиша, двух отдельных систем трасс для лыж-

ных гонок и биатлона, стрельбища и зон для подготовки к соревнованиям.

Трассы гонок располагаются с учетом требований международных соревнований. Запроектировано два основных круга по 5 км – для свободного и классического стиля, которые могут быть укорочены в зависимости от вида соревнований (рис. 11).



Рис. 11. Схема трассы по кольцевым автогонкам Формулы-1, расположенной на территории Олимпийского парка

Автодром является единственной трассой в календаре Формулы 1, которая является одновременно городской и стационарной, а также первой и единственной трассой для проведения Гран-при Формулы 1 в России. Инфраструктура трассы спроектирована таким образом, что большинство ее объектов вписано в общую структуру Олимпийского парка и было задействовано во время Зимней Олимпиады. Конфигурация трассы Ф1 состоит из двух частей – стационарной и сборно-разборной.

Так называемое большое кольцо (разборное) будет иметь длину 5872 метра и 18 поворотов, из которых 2 правых и 6 левых; ширину от 13 до 15 метров и обязательное горизонтальное профилирование, в некоторых местах с отрицательным уклоном, что придает трассе дополнительную техничность [9]. При этом ее профиль является практически плоским – максимальный перепад высот всего лишь полтора метра, зато это единственный на данный момент в мире трек Формулы-1 с затяжным дугообразным поворотом, где расчетная скорость будет превышать 300 км/ч.

Трасса спроектирована как высокоскоростная с тремя разгонными участками. Максимальную скорость – 320 км/ч – болиды Королевских гонок смогут развивать на прямой (длина примерно 650 м) между первым и вторым поворотами. Испытания трассы показали, что примерное время прохождения круга для болидов составляет 1 мин. 37 сек. Вместимость трибун по

сравнению с другими трассами относительно небольшая – 42 тыс. зрителей.

Объект – медиацентр "Сочи" для журналистов и гостиница. После игр: торговоразвлекательный комплекс. Медиацентр выполнен в Средиземноморском стиле.

"Олимпийская деревня" предназначена для проживания спортсменов. 53 корпуса разной этажности (от 3 до 6). В них расположено около 1700 апартаментов с различной конфигурацией комнат и их количеством (от 1 до 4). В составе Основной Олимпийской деревни запроектирована Паралимпийская деревня, в которой созданы все условия для комфортного проживания людей с ограниченными физическими возможностями. В частности, спальные и ванные комнаты приспособлены для использования инвалидных колясок, все подъездные пути запланированы с уклоном менее 5 %, все корпуса оборудованы лифтами. Отель "Редисон Блю" – для представителей Международного олимпийского комитета.

Столица Игр 2014 года может похвастаться не только великолепными спортивными объектами, но и транспортной инфраструктурой, которая стала одной из самых лучших в мире.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://stroy-spravka.ru/article/geografiya-Olimpiady-80-v-moskve>.
2. <http://www.rb.ru/inform/89077.html>.

3. <http://stadiums.at.ua/news/2015-03-15-20952>.
4. <http://www.penccil.com/museum.php?p=448853478151&show=7361>.
5. Пашкова Л.А. Развитие конструктивных систем в городской среде // Инновационное развитие современной науки: сб. науч. трудов по матер. V Междунар. науч.-практ. конф. (14 марта 2015г.) В 2 частях, ч. 2 /Уфа: Изд-во ООО "Аэтерна". Уфа, 2015. С. 131-133.
6. <http://sakura.bloglit.ru/2014/01/09/sochi-2014-glavnye-obekty-stoimost-i-xarakteristika-parametry-obektov-transportnaya-karta-avtodorog/>
7. Кафтаева М.В., Дегтев И.А., Донченко О.М., Пашкова Л.А., Литовкин Н.И. Современные кровли и технологии их устройства: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 136 с.
8. <http://otpyrk.moscow/olimpijskie-obekty/>
9. <http://freedrive.ru/kakustroeno/119-formula-sochi-f1-o-stroitelstve>.
10. Денисова Ю.В., Черноситова Е.С. Статистический анализ качества песка при геологической разведке нового месторождения // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2012. №3. С. 37–40.
11. Денисова Ю.В., Косухин М.М., Черноситова Е.С. К вопросу о контроле прочности камней бетонных стеновых // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010. №1. С. 81–84.
12. Денисова Ю.В., Косухин М.М., Черноситова Е.С. Оценка стабильности качества камней бетонных стеновых // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2010. №2. С. 62–65.
13. Лесовик Р.В., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцинформальдегидных олигомеров. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 136 с.
14. Денисова Ю.В. Выбор эффективного утеплителя в конструкции навесных вентилируемых фасадов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. №4. С. 26–30.
15. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н., Лесовик Р.В., Митрохин А.А. Долговечность штукатурных фасадных систем гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. №7. С. 22–26.
16. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н., Лесовик Р.В. Диффузионные мембраны в современном строительстве // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. №8. С. 42–46.

Pashkova L.A., Denisova Y.V.

EVOLUTION OF LONG-SPAN STRUCTURES ON THE EXAMPLE OF OLYMPIC FACILITIES

The role of architecture in the improvement of sports facilities and promotion of sports is an urgent task for architects, designers and builders. The Olympic games are accompanied by the creation of sports facilities are outstanding, both in the architectural and constructive attitude. These buildings represent the achievements of technical progress. Study and analysis of the practice of construction and operation of the largest structures of Olympiads is to identify what is happening in this area of the construction of the evolutionary processes, for example long-span structures. The article considers structural diagram of the key Olympic facilities.

Key words: *the Olympic facilities, sports facilities, stadiums, ice arena, membrane shell, Olympic Park.*

Пашкова Людмила Андреевна, старший преподаватель кафедры архитектурных конструкций.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.
E-mail: strojarx@mail.ru

Денисова Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.
E-mail: jdenisowa@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ТЕРРИТОРИИ СУБУРБИИ БЕЛГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ*

architektura_bgty@mail.ru

В исследовании проанализирована обеспеченность объектами социальной инфраструктуры в сфере образования на территории Белгородской агломерации. Изучены данные по семи категориям объектов образования, проведен графоаналитический анализ и рассчитана обеспеченность школами и детскими садами на территории пяти районов Белгородской области, входящих в формирующуюся Белгородскую агломерацию.

Ключевые слова: агломерация, социальная инфраструктура, Белгородская агломерация, образовательные учреждения.

В каждом субъекте РФ в XXI веке происходят агломерационные процессы той или иной степени интенсивности [7]. Не исключением является и Белгородская региональная система расселения. Формирующаяся Белгородская агломерация согласно исследованиям УАиГ Белгородской области включает пять муниципальных районов: Белгородский, Шебекинский, Яковлевский, Корочанский, Борисовский [2]. Помимо обеспечения населения жильем разных видов необходимым условием устойчивого развития территории является развитие социальной инфраструктуры. Своевременное развитие социальной инфраструктуры агломерационной территории позволяет избежать маятниковых социальных миграций населения, социальных конфликтов на периферийных зонах и многих других проблем [10]. Каждая агломерация требует

особого подхода к решению проблем, свойственных конкретной территории, в том числе и социальных. Однако, недостаточная обеспеченность школами и детскими садами является одной из наиболее актуальных проблем, присущих всей территории России.

В исследовании рассматривается складывающаяся ситуация по обеспеченности городов и сельских поселений, входящих в Белгородскую агломерацию, образовательными учреждениями (рис. 1). В расчётах социальной обеспеченности в границах территории вышеуказанных районов было исследовано местоположение образовательных учреждений. Для определения обеспеченности использованы федеральные и региональные нормативы градостроительного проектирования (100 мест в детских садах и 110 мест в школах на 1 тыс. жителей) [4, 8].



Рис. 1. Виды образовательных учреждений

Для расчета социальной обеспеченности принимались данные о численности населения по муниципальным образованиям на 1 января 2016 года. Анализ существующей ситуации проводился для 5 районов Белгородской области, относящихся к агломерации: Белгородский район, Шебекинский район, Корочанский район, Яковлевский район и Борисовский район. На основании сводных данных был рассчитан про-

цент обеспеченности территории образовательными учреждениями.

В результате исследования выявлено, что наилучшая обеспеченность на сегодняшний день в Борисовском районе. Самые низкие показатели зафиксированы на территории Белгородского района. Рассмотрим сложившуюся ситуацию. Сводные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Процентная обеспеченность учреждениями социальной инфраструктуры городских населенных пунктов Белгородского района

№	Населенный пункт	Количество школ	Обеспеченности %	Количество детских садов	Обеспеченность %
Белгородский район					
1	Белгород	44	90.9	61	34.7
2	Дубовое	1	68.0	1	20.4
3	Таврово	1	87.7	1	42.4
4	Разумное	3	81.7	5	65.8
5	Северный	2	73.5	2	44.5
6	Майский	1	69.9	1	21.3
7	Новосадовый	1	84.0	1	40.8
8	Стрелецкое	1	90.9	1	27.8

Результаты расчетов обусловлены достаточно высокой плотностью населения в границах формируемых субурбии [3]. Недостаточное количество образовательных учреждений всех видов является фактором возникновения социальных маятниковых миграций, что влечет за собой значительную нагрузку на существующую транспортную сеть ядра агломерации – г. Белгорода. К тому же, действующие детские дошкольные и общеобразовательные учреждения не справляются с постоянно возрастающей нагрузкой.

Рассмотрим наиболее подробно территорию 40-минутной транспортной доступности ядра агломерации как потенциальную для осуществления маятниковых миграций. Используем графоаналитический метод исследования. На карте с 40-минутными изохронами доступности ядра агломерации нанесем местоположение объектов дошкольного, школьного и дополнительного образования из расчета одна точка – один объект (рис. 2).

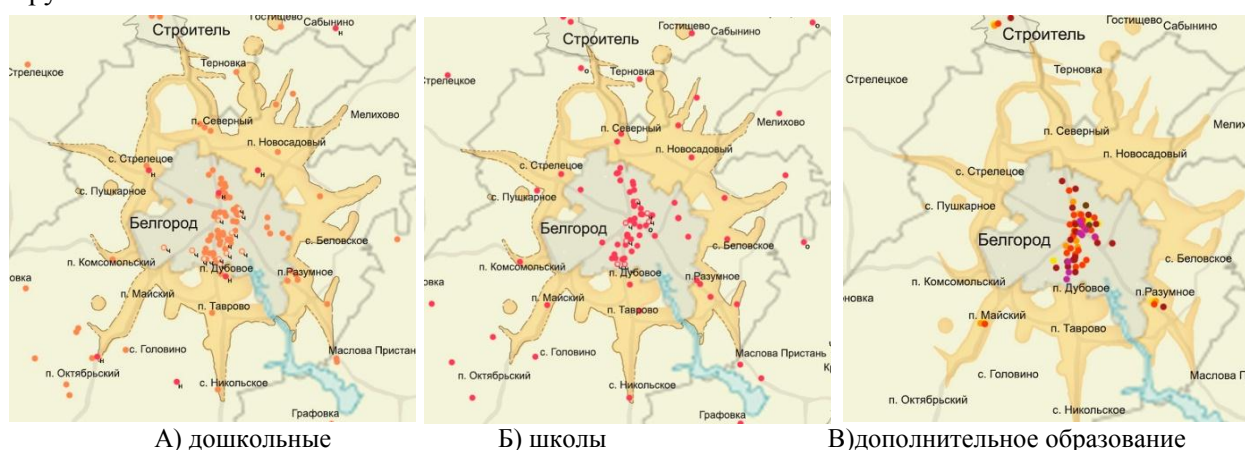


Рис. 2. Пространственное размещение образовательных учреждений на территории субурбии Белгородской агломерации

Как видно из представленных схем, наибольшую концентрацию всех видов образовательных учреждений имеет центральная часть ядра агломерации – г. Белгорода. Строящиеся микрорайоны в п. Новосадовый, п. Дубовое, п.

Таврово, п. Майский, п. Комсомольский, с. Беловское, с. Стрелецкое имеют минимальный набор образовательных учреждений. Учреждения дополнительного образования практически отсутствуют. Уже на этапе строительства масси-

вов индивидуальной жилой застройки необходимо развивать социальную инфраструктуру и, в частности, образовательный сектор. Включение в основание принятия проектных решений знания о городском социуме и его видении и восприятии проблем горожанами позволит создать качественную среду жизнедеятельности [5,6]. Таким образом, градостроительное плани-

рование должно быть социально обосновано, а первоочередным являться принцип, связанный с социальными характеристиками территории города. Необходимо учитывать интересы социальных групп, относящихся к тому или иному типу жизнедеятельности и находить баланс между разнонаправленными интересами групп (рис.3) [1].

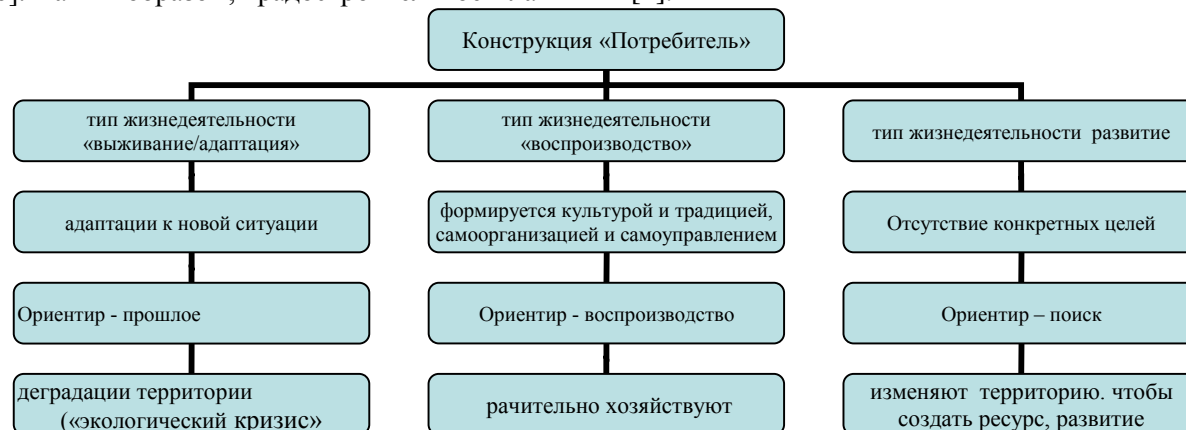


Рис. 3. Характеристика типов потребителя, их целей и ориентиров, влияние на развитие территорий (по Е.Б. Черновой)

На сегодняшний день ученые рассматривают применение кластерного развития города и его элементов на основе выявленных факторов (11). Применение кластерного подхода при развитии сети образовательных учреждений разных видов позволит обеспечить потребности современного потребителя всех типов. На первом этапе должно осуществляться выявление имеющегося в агломерации потенциала для развития образовательных кластеров:

- 1) изучение потребностей, мотиваций в формировании образовательных кластеров;
- 2) разработка стратегии формирования образовательных кластеров в пространственной структуре агломерации;

На втором этапе происходит создание образовательных кластеров в полной мере, реализующих мультипликативный эффект:

- 1) определение системы кластеров на основе их комплементарности (взаимодополняемости);
- 2) разработка системы мер по их развитию и поддержке [9].

Перечисленные операции образуют своеобразный алгоритм исследования и практической реализации результатов. Наиболее эффективный анализ формирования кластеров может быть произведен с помощью использования комплекса приемов качественного и количественного размещения предполагаемых образовательных кластеров в структуре агломерации, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Приемы качественного и количественного размещения предполагаемых образовательных кластеров в структуре агломерации (по Щепакину К.М., Жуковой Н.В.)

Приемы	Достоинства	Недостатки
Интервьюирование, анкетирование, экспертные оценки	Относительно низкие затраты, получение ценной ключевой информации	Не всегда детальная
Теория графов/сетевой анализ	Визуальный анализ взаимосвязей	Ограниченность набора компьютерных программ, нужно выполнять вручную
Специальное обследование	Обеспечивает сбор необходимой информации	Высокие затраты
Коэффициенты локации	Простота расчетов, дополняет другие методы	Характеризует только доступность
SWOT- анализ	Систематическое представление данных, способствует поиску комплементарности кластеров	Статичен при нехватке необходимых данных

Формирование системы кластеров позволит:

- 1) повысить эффективность и качество оказываемых образовательных услуг;
- 2) удовлетворить возрастающие потребности населения всех типов;
- 3) снизить маятниковые социальные миграции населения субурбий (пояса застройки населенных пунктов различной величины в 15-30 минутной доступности ядра агломерации);
- 4) выступать как фактор повышения инновационного потенциала муниципальных районов.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта р_офи_м №14-41-08040.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волнина С.А., Иванова О.А. К вопросу о взаимной интеграции дошкольных и школьных образовательных учреждений (архитектурный аспект) // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири Сборник материалов международной научно-практической конференции в трех томах. Редакционная коллегия: М.Н. Чекардовский, Л.Н. Скипин, В.В. Воронцов, А.Е. Сбитнев. 2014. С. 48–52.
2. Доклад «О рекреационном развитии Белгородской агломерации до 2017 года» от 29.08.2013 г. начальника УАиГ Перцева В.В.
3. Матвейшина М.Е. Развитие процесса субурбанизации на примере Белгородской агломерации // Вестник ИРГТУ. 2015. №6 (101). 2015. С. 98–107.
4. Об утверждении местных нормативов градостроительного проектирования городского округа «Город Белгород»: решение совета депутатов города Белгорода от 26 февраля 2015 г. № 201: принят советом депутатов города Белгорода 26 февраля 2015 г.
5. Перькова М.В., Борзых Е. Оценка взаимосвязи социальных и пространственных факторов в планировке г. Строитель // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 134–139.
6. Перькова М.В. Социальная устойчивость как принцип развития территорий города / VII Международная научно-практическая конференция. Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2015 г., г. Челябинск). Уфа: АЭТЕРНА, 2015. С. 95–100.
7. Прохорская Е.Г., Благовидова Н.Г. Роль опорных городов локальных систем расселения в структуре крупной агломерации (на примере юго-восточного направления Московской агломерации) // Наука, образование и экспериментальное проектирование: Материалы научно-практ. конф. 11-15 апреля. М.: МАРХИ, 2011. С. 241–247.
8. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* / Минрегион РФ. М., 2011.
9. Чернова Е.Б. Учет социальных факторов в территориальном планировании: как перейти от «населения» к «человеку» // Материалы Междунар. научно-практ. конф. «Проблемы и направления развития градостроительства». Электронный доступ: <http://www.urbanistika.ru/event/435/>
10. Щепакин К.М., Жукова Н.В. Формирование образовательных кластеров региона // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2013. №1-3. Электронный доступ <http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obrazovatelnyh-klasterov-regiona>
11. Panfilov A. The Cluster Model of Development of the City - MATEC Web Conf. 73 06008 (2016). DOI: 10.1051/matecconf/20167306008

Perkova M.V.

CHARACTERISTICS OF PROVISION EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE TERRITORY SUBURBAN BELGOROD AGGLOMERATION

The study analyzed the provision of social infrastructure in education at the Belgorod agglomeration. Studied data for three categories of educational facilities, conducted graphic analysis of the territory's 40 - minute availability core agglomeration, and calculated the provision of schools and kindergartens in suburban areas of the Belgorod agglomeration. Proposed cluster approach to development of the network of educational institutions.

Key words: agglomeration, social infrastructure, educational institutions, suburbia.

Перькова Маргарита Викторовна, кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: architektura_bgty@mail.ru

Денисова Ю.В., канд. техн. наук, доц.,
Коренькова Г.В., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

К ВОПРОСУ НЕОБХОДИМОСТИ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ

jdenisowa@mail.ru

В настоящее время в связи с высоким уровнем урбанизации идет активное освоение подземного пространства городов. Интенсивное подземное строительство характерно для крупных городов. Рассмотрена актуальная проблема градостроительного освоения подземного пространства крупнейших городов. Выявлены причины необходимого роста объемов и масштабов подземного строительства в крупных городах связанные с непрерывно возрастающей концентрацией городского населения и ростом численности автомобильного парка. На основе сравнительного анализа мирового опыта показано отставание российских городов в развитии подземной урбанистики. Для исправления ситуации необходима комплексная застройка подземного пространства. Определены важные аспекты использования подземного пространства, выявлены основные причины, сдерживающие развитие подземного строительства в России.

Ключевые слова: подземное градостроительство, подземная урбанистика, подземное пространство, архитектурно-планировочные решения, комплексное освоение подземного пространства.

Современный уровень урбанизации диктует свои условия развития крупных городов. Создание комфортных условий жизни городского населения превращается в сверхсложную задачу. Для ее решения во всем мире активно осваивают подземное пространство городов, не ограничиваясь только строительством метро [1].

Помимо метрополитена строятся подземные сооружения различного назначения, которые условно можно разделить на три группы. В целом они образуют подземную инфраструктуру, создавая под землей комфортное для жителей альтернативное городское пространство.

Транспортная инфраструктура – развязки, автомобильные и железнодорожные тоннели, паркинги, транспортно-пересадочные узлы, автовокзалы и метро [2].

Инженерная инфраструктура – трансформаторные подстанции, котельные, системы водоснабжения и водоотведения, кабели различного назначения, промышленные объекты.

Социальная инфраструктура – торговые, спортивные, административные сооружения, культурно-развлекательные зоны, предприятия службы быта, холодильники и склады [3–4].

Подземное строительство способствует процессу развития больших городов. Без подземных сооружений в виде метро, коллекторов, переходов, дорожных развязок, гаражей и помещений разного назначения современные крупные города невозможно представить. Направленность и интенсивность освоения подземного пространства зависит от ряда факторов, определяющим является характер ландшафта и

геолого- гидро- геологических условий территории города [5–7].

Необходимость подземного строительства для каждого конкретного города обуславливается реальной потребностью в нем. В городах со значительным населением подземное строительство ведется, как правило, более интенсивно, чем в небольших городах и включает практически полный перечень объектов трех групп подземных сооружений. Как показывает современная ситуация город с населением более 100 тысяч жителей уже ощущает необходимость в подземной инфраструктуре. Другое дело, что объем освоения и назначение объектов, конечно, должны быть отрегулированы в соответствии с потребностью.

Гиперконцентрация населения, инфраструктуры и промышленного производства приводит к огромной перегрузке геоэкологической, инженерно-геологической и гидрогеологической среды крупных городов и вызывает в ней необратимые изменения. Рост объемов и масштабов подземного строительства в крупных городах, развивающихся как культурно-исторические и торгово-промышленные центры связан с непрерывно возрастающей концентрацией населения в городе и непрерывным ростом численности автомобильного парка, которые порождают практически все наиболее острые современные городские проблемы – территориальные, транспортные, экологические, энергетические. Подземное строительство необходимо развивать еще и потому, что в больших городах высокая стоимость земли и как правило, плотная за-

стройка. Мировая практика градостроительства свидетельствует, что одним из наиболее эффективных путей решения этих проблем является комплексное освоение подземного пространства, в котором могут размещаться сооружения различного назначения [8–10].

Практически во всех многонаселенных городах развивающихся стран ведётся активное освоение подземного пространства. Сегодня серьезных успехов в подземном строительстве добились крупные и крупнейшие города Канады, США, Японии, Германии, стран Скандинавии, Франции, Великобритании, Австралии, Италии, Испании. Невзирая на то, что капитальные затраты повышаются в среднем на треть, подземное строительство признается эффективным и окупаемым в силу своих стратегических преимуществ (возможности скрыть под землей объекты, которые нельзя или затруднительно расположить на поверхности, обеспечения гарантированного объема услуг в пределах нормируемого радиуса доступности, экономии энергетических и иных эксплуатационных затрат, снижения негативного экологического воздействия).

В крупнейших городах наблюдается тенденция комплексного развития подземного пространства, что выражается в появлении целых «подземных городов» (в Монреале, Торонто, Токио, Осаке) (рис. 1). Их создание особо актуально в холодном климате, поскольку независимо от погоды обеспечиваются комфорт и доступность обслуживания, так как наиболее крупные подземные здания и сооружения объединяются сетью подземных транспортно-пешеходных сетей (тоннелей, аллей, проходов) [7].

Необходимо отметить, что понятие комплексности предполагает также гармоничное развитие надземного пространства с созданием и над землей эстакад или переходов.

В последние десятилетия рост объемов и масштабов подземного строительства наблюдается и в крупных городах России. Строятся крупные подземные комплексы различного назначения, транспортные и коммуникационные тоннели, подземные стоянки и гаражи, производственные и складские помещения, растет протяженность линий метрополитена [11].

Не смотря на технологические достижения в подземном строительстве и интересные предпроектные и новые проектные разработки, подземные здания и сооружения чаще всего не связаны между собой. Доля комплексного освоения подземного пространства не велика, относительно мала и глубина выработок. Данная проблема наиболее актуальна для мегаполисов,

прежде всего Москвы и Санкт-Петербурга. В то же время с ее решением сталкиваются и крупнейшие города Екатеринбург, Казань, Нижний Новгород, а также другие крупные города (Пермь, Ярославль, Владивосток) [12].



Рис. 1. Подземный комплекс «Path» в Торонто, Канада

Пока Москва, а тем более другие российские города значительно отстают по масштабам и комплексности своего подземного градостроительства, мировой опыт функционирования схожих с Москвой городских агломераций показывает, что оптимальные условия для устойчивого развития территорий достигаются при доле подземных сооружений от общего числа построенных объектов не менее 20...25 %. В «Старой Москве» этот показатель составляет около 8 % несмотря на то, что уже построены, например торговый центр «Охотный ряд», многофункциональный наземно-подземный комплекс «Москва-Сити», разветвленная сеть метро (рис. 2) и строятся крупные подземные объекты [13–15].

Также планируется создать торгово-развлекательный центр «Всепогодный», который будет находиться на глубине двадцать метров, под Пушкинской площадью. На сегодняшний день это один из самых амбициозных проектов. Он будет включать в себя парковку более чем на тысячу машиномест, точки общественного питания, и торговые ряды. Всё это протянется от кинотеатра «Пушкинский» до конца парка, расположенного на Тверской улице. Фактически это будет полноценный подземный город, въехать в который можно будет как на собственной машине, так и используя системы метро.

Для воплощения масштабных проектов Правительство Москвы планирует развитие соответствующей нормативной правовой и «нормативно-технической» базы и разработку новой программы градостроительного освоения подземного пространства столицы. Вероятно это даст импульс развитию подземной урбанистики, а значит и устойчивому территориальному развитию не только в столице, но и в других круп-

нейших городах страны, где эта проблема также стала актуальной. Амбициозные проекты создаются не только для Москвы, но и для других



а

городов. Например, архитектор Михаил Кондаин представил проект комплекса под площадью Восстания в Санкт-Петербурге (рис. 3).



б

Рис. 2. Подземные сооружения Москвы:
а – торговый центр «Охотный ряд»; б – станция метро «Киевская»



Рис. 3. Проект комплекса под площадью Восстания, Санкт-Петербург

Главный акцент при разработке проблемы комплексного освоения подземного пространства крупных городов приходится сегодня на поиск путей наиболее целесообразного размещения подземных объектов и наиболее рационального применения тех методов и средств их возведения, которые наработаны. Поэтому большое значение приобретает научно-техническое сопровождение городского подземного строительства, которое в последние годы стало одной из главных составляющих системы обеспечения его безопасности и надежности.

Важнейшую роль в комплексном освоении подземного пространства городов играют архитектурно-планировочные решения подземных объектов. К настоящему времени уже в значительной степени определились общие требования к городскому подземному строительству. В частности, предпочтительной признана такая его форма, при которой наземная и подземная части городской застройки сочетаются на основе принципов их максимального горизонтального и вертикального блокирования. Сложность и вы-

сокий уровень ответственности подземных сооружений, значительное влияние их возведения в условиях плотной городской застройки на существующие окружающие объекты выдвигает целый ряд требований, которые необходимо учитывать при планировании, проектировании и строительстве этих сооружений.

Одним из наиболее важных аспектов использования подземного пространства является архитектурное решение внутреннего оформления помещений, в которых предполагается постоянное присутствие людей. Отсутствие дневного света и природных звуков, специфичное оформление выводных коммуникаций, сам факт нахождения под землёй увеличивают утомление и вредно сказываются на организме человека. В связи с этим подземные помещения должны быть на порядок выше по качеству, чем соответствующие помещения на поверхности земли [16–17].

С целью создания комфортной среды пребывания, используются соответствующие архитектурные оформления интерьеров, специальные системы освещения и кондиционирования. Совместное использование этих факторов позволяет избегать возникновения агорофобии и клаустрофобии у некоторых людей длительное время находящихся в замкнутом пространстве подземного помещения. Специалистами в области архитектуры подземного пространства отмечается положительное влияние архитектурных форм на физическое состояние, здоровье и настроение людей за счёт эффективной организации подземного пространства, психологически обоснованного подбора цветов, освещения и акустики, создания впечатления связи с внешним миром. Подземные сооружения нового поколения создаются с оригинальными конструктивными и объёмно-планировочными решениями, с новыми системами теле- и видеоконтроля,

пожаротушения и безопасности, находящихся в них людей [18–20].

Основные причины, сдерживающие развитие подземного строительства в России – недостаточное количество специалистов, имеющих образование и опыт в области подземного строительства, а особенно – проектирования подземных сооружений. Второе – технологии подземного строительства, которых довольно много и которые широко используются во всем мире, у нас недостаточно.

Еще необходимо отметить, что подземное строительство более требовательно к качеству применяемых материалов, к строгому соблюдению технологии, заложенной в проекте. Устранить недоделки, брак в подземных объектах гораздо сложнее, чем в наземных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беляев В.Л. Планирование градостроительного освоения подземного пространства г. Москвы // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 35–46.
2. Денисова Ю.В., Косухин М.М., Попова А.В., Шаповалов Н.А., Лещев С.И., Каморова Н.Д. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцинформальдегидных олигомеров // Строительные материалы. 2006. №10. С. 32–33.
3. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующих добавок // Известия вузов. Строительство. 2007. №6. С. 26–29.
4. Лесовик Р.В., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцинформальдегидных олигомеров. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 136 с.
5. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н. Воздействие окружающей среды на конструкции жилых зданий // В сб. «Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах (МК-11-57)». Пенза, 2010. С. 150–151.
6. Постановление Правительства Москвы от 19.11.2009 г. № 1049-ПП «О городской программе подготовки к комплексному градостроительному освоению подземного пространства города Москвы на период 2009–2011 гг.».
7. Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Черныш Н.Д. Проблемы реконструкции застройки Белгорода // Магистры – будущая кадровая основа строительной отрасли: сб. статей Междунар. науч.-метод. конф, Пенза, 2009. С. 88–90.
8. Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Черныш Н.Д. Градостроительная концепция развития и преобразования городской среды Белгорода // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сб. статей [Электронный ресурс] // Самарский гос. арх.-стр. ун-т (СГАСУ, 6–10 апр. 2015 г.), Самара, 2015. С. 130–135.
9. Коренькова Г.В., Митякина Н.А., Черныш Н.Д. Возрождение исторического облика центрального квартала Белгорода // Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра: сб. науч. трудов по матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Саратов 13–14 ноя. 2014 г.) / Саратовский гос. аграрный ун-т. им. Н.И. Вавилова: Изд-во СГАУ, 2014. С. 48–52.
10. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В., Митякина Н.А. Некоторые аспекты повышения эффективности теплоизоляционных систем при проектировании ограждающих конструкций // Доклады I Всероссийской конференции «Проблемы оптимального проектирования сооружений», Новороссийск, 2008. С. 427–434.
11. Коротаев В.П. Москва: градостроительный потенциал подземного пространства // Градо: журнал о градостроительстве и архитектуре. 2011. № 2. С. 71–81.
12. Денисова, Ю.В. К вопросу использования фунгицидных добавок в борьбе с биокоррозией композиционных соединений // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал. 2015. Т. 1. № 1. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/10/2015-№1-Денисова.pdf>.
13. Попова А.В., Денисова Ю.В., Косухин М.М. Причины высолообразования на стеновых камнях и методы их устранения // Известия вузов. Строительство. 2009. №1. С. 49–50.
14. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующих добавок // Известия вузов. Строительство. 2007. №6. С. 26–29.
15. Денисова Ю.В., Лесовик Р.В., Косухин М.М., Шаповалов Н.А. Исследование пластифицирующих добавок на фунгицидные свойства. // Всероссийская научно-практическая конференция “Строительное материаловедение – теория и практика”: Тез. докл. Москва, 2006. С. 250–253.
16. Свид. 2016611705 Российская Федерация. Свидетельство об государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа определения прочностных характеристик однородности бетона по прочности / Ю.В. Денисова; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г. Шухова (RU). – №2015662768; заявл. 23.12.15; опубл. 09.02.16, Реестр программ для ЭВМ. 1 с.
17. Усков Е.А., Кушев Л.А. Влияние техногенных отходов горнорудных предприятий

курской магнитной аномалии на экологическую обстановку в регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. №8. С. 315–319.

18. 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.

19. Степанов А.М., Митякина Н.А., Стрекозова Л.В., Товстий В.П. Реализация процессного подхода при создании систем менеджмента качества // Экономика и предпринимательство. 2015. №11-2 (64-2). С. 786–789.

20. Лесовик Р.В., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинсбург А.В. Оценка защитных свойств бетона из композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7. С. 56–58.

Denisova Y.V., Korenkova G.V.

TO THE QUESTION OF NECESSITY OF DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE OF CITIES

Currently, due to the high level of urbanization there is an active development of underground space of cities. The intensive underground construction is typical for large cities. The article considers the actual problem of urban underground space development of major cities. Reasons for the needed increase in volumes and the scope of underground construction in big cities is connected with increasing concentration of the urban population and the growth of the vehicle fleet. Based on comparative analysis of world experience shows the backwardness of the Russian cities in the development of underground urbanism. To correct the situation, the comprehensive development of underground space. Identify important aspects of the use of underground space, identified the main reasons hindering the development of underground construction in Russia.

Key words: *underground urban underground urban underground space, architectural space planning solutions, comprehensive development of underground space.*

Денисова Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: jdenisowa@mail.ru

Коренькова Галина Викторовна, доцент кафедры архитектурных конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: G-korenkova@yandex.ru

Подпороинов Б.Ф., канд. техн. наук, доц.,
Семиненко А.С., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ АППАРАТОВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ

tg.v.bel@gmail.com

В статье проанализированы основные тенденции в области разработки инерционных пылеуловителей циклонного типа, а также зернистых фильтров как в отечественном, так и зарубежном опыте. Более подробно рассмотрены конструкции пылеулавливающих аппаратов, предложенных кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции БГТУ им. В.Г. Шухова. Рассмотрены факторы, обеспечивающие повышение эффективности пылеулавливания, расчетные зависимости для определения эффективности пылеулавливания и гидравлического сопротивления комбинированного зернистого фильтра при улавливании цементной пыли.

Ключевые слова: пылеочистка, циклон, зернистый фильтр, эффективность пылеочистки.

Введение. Возросший объем промышленного производства выдвинул в качестве первоочередной задачи охрану окружающей среды [1]. Загрязнение промышленными и вентиляционными выбросами оказывает вредное воздействие на человека и животных, растения и почву, здания и сооружения, снижает прозрачность атмосферы, ухудшает качество воздушной среды, ускоряет коррозию металлических изделий.

В этих условиях все большее значение приобретает проблема защиты воздушного бассейна городов и предприятий от пылегазовых выбросов [1–5].

При этом важной задачей является разработка перспективных пылеулавливающих аппаратов [4–8], обеспечивающих высокую эффективность очистки выбросов и уменьшение энергозатрат на очистку.

Методика. Отечественный [1–3] и зарубежный [4–5] опыт показывает, что при обеспыливании промышленных и вентиляционных выбросов широкое распространение получили сухие инерционные пылеуловители циклонного типа вследствие простоты в изготовлении, монтаже и эксплуатации, достаточно высокой эффективности при уменьшении гидравлического сопротивления.

К недостаткам циклонов относятся: пониженная эффективность улавливания пылей менее 5 мкм, повышенное сопротивление высокоэффективных циклонов – 1200...1800 Па, забиваемость слипающимися пылями и интенсивный износ при улавливании высокоабразивных пылей.

В последнее время проводятся исследования [6–8], направленные на повышение эффективности циклонных аппаратов, особенно при улавливании пылевых частиц средней дисперсности (10...30 мкм), поскольку применение в этом диапазоне рукавных фильтров и электро-

фильтров влечет за собой неоправданно большие затраты.

Основная часть. Исследования в области повышения эффективности пылеулавливающих аппаратов, в основном, направлены на разработку мероприятий по совершенствованию конструкции циклонных аппаратов, целесообразно выделить некоторые из них.

Установка осевой цилиндрической вставки в пылевыпускном отверстии позволяет, наряду со снижением гидравлического сопротивления циклона, снизить вторичный унос пыли, т.е. повысить эффективность очистки в аппарате. Эта вставка отделяет полость бункера от полости корпуса и позволяет усилить нисходящие и ослабить радиальные течения потока в нижней части корпуса циклона, что снижает в 3...5 раз вторичный унос уловленной пыли из бункера и тем самым уменьшает в 1,5...2 раза выброс пыли в атмосферу.

Как средство повышения эффективности и производительности циклонов следует рассматривать так называемую комбинированную подачу запыленных потоков на входе аппарата и вдоль его оси навстречу друг другу.

Испытания показали, что производительность циклонов с комбинированной подачей запыленных потоков увеличивается в 1,4...1,5 раза при гидравлическом сопротивлении, равном сопротивлению нормализованных аппаратов, а вторичный пылеунос сокращается в 3...4 раза.

Одним из путей повышения эффективности циклонов является использование эжекции выделенного продукта из бункера циклона с частью несущего газового потока. Указанный принцип заложен в конструкцию циклона – пылеконцентратора БГТУ им. В.Г. Шухова [9, 10]. В отличие от известных конструкторских решений данный аппарат не требует дополнительно побудителя тяги, так как отсос газа из бунке-

ра осуществляется за счет перепада давления в бункере и выхлопном патрубке циклона. Очистка отбираемого запыленного потока осуществляется в фильтре, расположенном между корпусами бункера и циклона. Как показали проведенные исследования, такое решение позволяет в 2 раза снизить выброс пыли из аппарата и уменьшить на 15...20 % его гидравлическое сопротивление.

Схема двухступенчатого циклона – пылеконцентратора, разработанного в БГТУ им. В.Г. Шухова, представляет собой конструкцию прямоточного циклона с отводом пылегазового концентрата, внутри которого расположен противоточный циклон. Прямоточный циклон является первой ступенью, а противоточный – второй. Гидравлическое сопротивление обеих ступеней сопоставимо с сопротивлением циклона ЦН-11 при более высокой эффективности очистки.

Перспективна конструкция циклона с установленными в выхлопной трубе направленными лопатками, разработанная и исследованная в БГТУ им. В.Г. Шухова [6, 11]. Применение такого циклона обеспечивает заметный выигрыш в потерях давления без снижения эффективности очистки.

Благоприятно складывается на работе циклонов уменьшение запыленности пылегазового потока. С этой целью в БГТУ им. В.Г. Шухова разработан ряд конструктивных решений по усовершенствованию конструкций аспирационных укрытий [12, 13], обеспечивающих уменьшение пылеуноса из пылящего оборудования и в конечном счете повышение эффективности циклонов и других пылеуловителей.

Достаточно важной проблемой является защита корпусов циклонов от абразивного износа. Абразивному износу проточной части циклонов способствует многовитковое вращение газового потока, несущего дисперсную фазу. В результате этого вращения и возникающих центробежных сил происходит концентрирование твердых абразивных частиц у стенок аппарата, следствием чего является эрозия, т.е. истирание стенок вплоть до образования сквозных отверстий. Скорость такого истирания в отдельных случаях может достигать 12 мм в год.

Основными мерами повышения износостойкости циклонов в настоящее время являются следующие: нанесение на изнашиваемую поверхность какого-либо износостойкого покрытия; применение материалов, более стойких к износу в данных условиях; изменение конструкции циклонов, приводящее к ослаблению износа за счет аэродинамического течения газа. Довольно часто эффективной работе циклонов мешает отложение

сильнослипающихся пылей на внутренних поверхностях; одним из средств борьбы с этим явлением может явиться применение циклонов с полированной внутренней стенкой. Исключительно эффективным средством борьбы с залипанием является обеспечение эластичности стенок циклонов, например, путем применения резины, которая периодически подвергается деформации с целью очистки.

На отдельных технологических линиях (например, производств силикатного кирпича, чугуна, сантехнического литья и т.д.) образуются паропылевые вентиляционные выбросы. При обеспыливании которых нашли применение циклоны с пористой стенкой, у которых регенерация отложившейся пыли осуществляется обратной продувкой сжатым воздухом. Довольно широкое применение получило также подвешивание цепей, свободное движение которых при действии потока воздуха устраняет налипание пыли на стенках циклона. Основным же на сегодняшний момент времени, при обеспыливании паропылевых смесей, является способ термоизоляции, не допускающий конденсации водяных паров, вызывающей отложения пыли.

В последнее время в технике пылеулавливания все чаще находят применение фильтрующие аппараты с насыпными фильтрующими слоями зернистых сыпучих материалов (зернистые фильтры). Преимущества этих аппаратов: малая стоимость, компактность, доступность фильтрующих материалов, возможность работать при очень высоких температурах и в условиях агрессивной среды, выдерживать большие механические нагрузки и резкие изменения температуры, - определяют все более широкое применение зернистых фильтров для очистки пылегазовых выбросов.

В БГТУ им. В.Г. Шухова разработана и внедрена перспективная конструкция высокоэффективного комбинированного зернистого фильтра [14], в котором площадь поверхности зернистого слоя меньше площади поверхности фильтровальной ткани, а диаметр корпуса фильтра, корпуса зернистой насадки и выходного перфорированного патрубка равны $D_2 = (0,85...0,9)D_1$, $D_1 = (0,85...0,9)D$.

Запыленный газовый поток по тангенциальному патрубку 2 входит во внутреннюю полость циклонного элемента, где под действием центробежных сил крупные частицы пыли выделяются из потока и оседают в конической части бункера пыли 3. Пыль, освободившаяся от крупных частиц, направляется вверх через отверстие газопроницаемой перегородки 5 и проходит через фильтрующий зернистый слой 6, где очищается и проходит через фильтроваль-

ную ткань 11, расположенную на перфорированной части выходного патрубка 9, где происходит окончательная очистка газового потока от мельчайших частиц пыли. Очищенный газовый поток выходит из фильтра по патрубку 9.

Регенерация фильтра осуществляется в следующей последовательности. Включается привод ворошителя и одновременно через патрубок обратной продувки 12 подается сжатый воздух, который поступает в полый вал ворошителя. Оттуда через отверстия сжатый воздух поступает в полую рамку 14, которая на вертикальных стойках имеет отверстия. При вращении рамки воздух очищает ткань, забитую мелкими частицами, которые выпадают на зернистый слой.

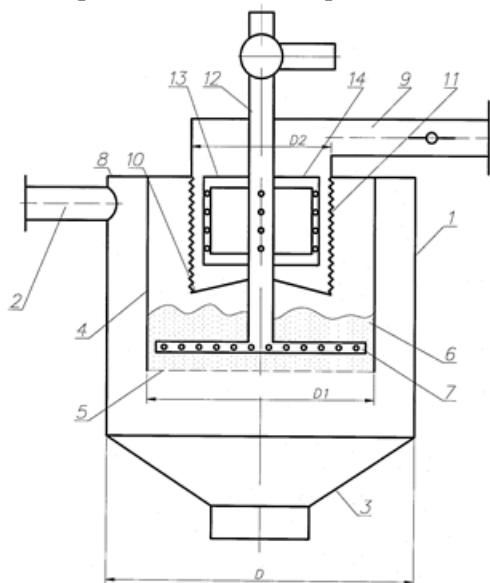


Рис. 1. Комбинированный зернистый фильтр:

- 1 корпус фильтра; 2 циклонный элемент с тангенциальным патрубком для входа запыленных газов;
- 3 конический бункер пыли; 4 корпус для зернистого материала; 5 газопроницаемая перегородка;
- 6 фильтрующий зернистый слой; 7 ворошитель, выполненный в виде полого вала с окнами;
- 8 крышка; 9 патрубок очищенного газа;
- 10 коническое днище; 11 фильтровальная ткань;
- 12 патрубок обратной продувки; 13 рамка полая;
- 14 сопла для прохода сжатого воздуха

Очистка фильтрующего зернистого слоя в процессе фильтрации запыленных газов осуществляется при помощи вращающегося ворошителя 7, в который через патрубок обратной продувки 12 подается сжатый воздух. Частицы пыли выделяются из зернистого слоя и под действием гравитационных сил оседают в бункере пыли 3.

В результате обработки экспериментальных данных авторами [15] получены расчетные зависимости для определения эффективности пылеулавливания и гидравлического сопротивления комбинированного зернистого фильтра при улавливании цементной пыли.

Относительный проскок пыли через зернистый фильтр, а также связанная с ним эффективность очистки запыленных газов η являются функциями критериев, определяющих рассмотренные выше основные механизмы улавливания пыли и некоторых других безразмерных величин.

Критериальная зависимость проскока цементной пыли через насыпной слой, аппроксимирующая результаты эксперимента, имеет вид:

$$K = 1,43 \cdot 10^{-4} \text{Re}^{0,775} \text{Stk}^{-0,372} \text{Ho}^{-0,372} \left(\frac{d_k}{h}\right)^{-1,014} \left(\frac{Z_u}{\rho}\right)^{-0,451}. \quad (1)$$

Полная эффективность комбинированного пылеуловителя определяется по формуле:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_u)K(1 - \eta_m), \quad (2)$$

Полное гидравлическое сопротивление пылеуловителя равно сумме сопротивлений его ступеней:

$$\Delta p = \Delta p_u + \Delta p_z + \Delta p_m \quad (3)$$

и в зависимости от продолжительности фильтрования может изменяться в пределах от 100 до 3000 Па.

Рациональными параметрами комбинированного зернистого фильтра являются: высота слоя фильтрующего слоя фильтрующего материала 100...150 мм, средний размер зерна зернистой насадки 3,0...3,5 мм, запыленность входного воздуха 6...7 г/м³ и время его фильтрации более 40 мин.

В зависимости от продолжительности фильтрования эффективность пылеулавливания комбинированного зернистого фильтра может изменяться от 97 до 99,97%.

Выводы. До настоящего времени вопросам развития исследований теоретических основ работы, принципам конструирования, инженерного расчета и проектирования высокоэффективных энергосберегающих аппаратов и установок для очистки вентиляционных выбросов пылящего технологического оборудования уделялось недостаточно внимания.

Материалы, приведенные в издании, дают научным и инженерно-техническим работникам, проектировщикам и аспирантам возможность:

- ознакомиться с теоретическими основами работы и конструктивными особенностями оборудования, применяемого для очистки пылевых промышленных вентиляционных выбросов;
- изучить достоинства и недостатки, методы оценки эффективности и область применения различных групп пылеуловителей;
- освоить методы теоретического и экспериментального исследования работы, современные инженерные методики расчета и конструирования пылеочистных аппаратов;

- разрабатывать научно-обоснованные технические решения по усовершенствованию конструкций перспективных пылеулавливающих аппаратов, обеспечивающих повышение их эффективности и уменьшение энергозатрат на очистку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минко В.А., Логачев И.Н., Логачев К.И., Подпороинов Б.Ф., Семиненко А.С. и др. Обеспыливающая вентиляция (том 2); под общ. ред. В.А. Минко // Белгород: изд-во БГТУ, 2010. 565 с
 2. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. // Санкт-Петербург: Химиздат. 2005. 659с
 3. Уваров В.А., Подпороинов Б.Ф., Семиненко А.С. Методы и средства очистки вентиляционных выбросов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 96 с.
 4. Huque, S. T., P. Donecker, J. J. Rozentals and C. W. Benjamin, 2010. The Transfer Chute Design Manual: For Conveyor Belt Systems. Conveyor Transfer Design Pty. Limited, pp. 272 p.
 5. Howard, L. Hartman, J. M. Mutmansky, R. V. Ramani and Y. J. Wang, 1997. Mine Ventilation and Air Conditioning. Wiley-Interscience, pp.752.
 6. Чалов В.А. Теоретическое обоснование конструктивного совершенствования центробежного пылеуловителя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 68–70.
 7. Смирнов М.Е. Разработка метода расчета и усовершенствование конструкции вертикального прямооточного циклона: дис. ... канд. тех. наук: 05.17.08 / Ярославль, 2001. 146 с.
 8. Темникова Елена Юрьевна.
- Исследование эффективности пылеулавливания в циклоне с рельефными поверхностями: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.01 / Кемерово, 2010. 175 с.
9. Минко В.А., Овсянников Ю.Г., Логачев И.Н. Пылеконцентратор рециркуляционных систем местной обеспыливающей вентиляции// Современные проблемы строительного материаловедения: материалы 7-х академ. чтений РААСН / Белгор. гос. технол. ун-т. Белгород, 2001.
 10. Циклон, а.с. 1639768 СССР/ В.А. Минко, Ю.Г. Овсянников, С.А. Трищенко, М.И. Кулешов. - № 4388528; заявл. 04.03.1988; опубл. 07.04.1991, Бюл. 13.
 11. Циклон, патент 106147 РФ / В.А. Чалов, Л.А. Куцев, В.Г. Шапала. Опубл. 10.07.2011.
 12. Feoktistov, A. Yu., S. V. Staroverov, A. B. Goltsov, V. M. Kireev. Design of aspiration shelters for constricted conditions. Chemical and Petroleum Engineering. 2013, Volume 49, Issue 3-4, pp 261–2645.
 13. Averkova, O.A., I.N. Logachev, K.I. Logachev, I.V. Khodakov Modeling detached flows at the inlet to round suction flues with annular screens. Refractories and Industrial Ceramics, 2014, 5 (54):. 425–429.
 14. Зернистый фильтр: пат. 107484 РФ: МПК7 B01D46/30 / В.С. Богданов, Р.Р. Шарапов, С.Ю. Кабанов; БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2010152389/05; заявл. 21.12.2010; опубл. 20.08.2011, Бюл. № 23.
 15. Шарапов Р.Р., Уваров В.А., Кабанов С.Ю. Зернистые фильтры со стационарным фильтрующим слоем. Белгород: изд-во БГТУ, 2011. 120 с.

Podporinov B. F., Seminenko A. S.

WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF DUST REMOVAL DEVICES IN CLEANING SYSTEMS FOR EXHAUST AIR

The article analyzes the main trends in the development of inertial cyclone type and granular-bed filters in both domestic and foreign experience. In more, detail the design of dust removal devices proposed by the Department of heat and ventilation BGTU named V. G. Shukhov. Examines the factors that enhance the effectiveness dust cleaning, the calculated dependences for determining the effectiveness of dust suppression and hydraulic resistance of the combined granular filter to capture cement dust.

Key words: dust cleaning, cyclone, coarse filter, efficiency of dust cleaning

Подпороинов Борис Федорович, 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: podporinov.bf@gmail.com

Семиненко Артем Сергеевич, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: seminenko.as@gmail.com

Елистратова Ю.В., аспирант,
Семиненко А.С., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА

tg.v.bel@gmail.com

Настоящая статья посвящена анализу теплового расчета отопительных приборов, одного из обязательных расчетов систем отопления, обеспечивающего стабильную и эффективную работу систем отопления. Рассмотрен вариант однотрубной системы отопления со смещенными замыкающими участками и верхней разводкой подающих магистрали, показано расхождение в результатах расчета по уравнению теплового баланса отопительного прибора и расчету фактического теплового потока (коэффициента теплопередачи) с учетом отклонения от нормируемых (паспортных) условий эксплуатации. Приведен расчет теплового режима жилых помещений, показано отклонение температуры внутреннего воздуха с учетом расхождения результатов расчета по тепловой энергии.

Ключевые слова: система отопления, тепловой расчет отопительных приборов, уравнение теплового баланса, коэффициент теплопередачи отопительного прибора.

Введение. Проблема энергосбережения в частности систем теплоснабжения в последнее время отражается в целях и задачах ряда законопроектных и правительственных решений страны. Так законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» прогнозируется значительное снижение энергопотребления системами отопления и вентиляции жилых зданий [1, 3–5, 9] на основании установленных целей данного документа.

На сегодняшний день жилые здания, в большинстве случаев, оборудованы вертикально-однотрубными системами отопления. Одним из мероприятий по повышению энергоэффективности таких систем является установка у нагревательных приборов термостатических клапанов, которые автоматически поддерживают в помещении постоянную температуру на заданном уровне [14–16]. При этом достигается до 20 % экономии тепла, прежде всего за счет снижения непроизводительных затрат теплоты (перетоп и т.п.) [6, 2]. Однако, индивидуальное регулирование с использованием термостатических клапанов имеют определенные недостатки, которые могут оказывать влияние на работу всей системы отопления в целом. В работе [9] рассмотрены некоторые ограничения и отрицательные моменты работы однотрубных систем, оснащенных термостатами.

Однако, для правильного подбора термостатических клапанов необходимо знать зависимость теплоотдачи отопительных приборов от внешних и внутренних факторов и уметь их учитывать.

Цель исследования: анализ теплового расчета отопительных приборов однотрубной системы отопления жилых помещений.

Целью исследования определены задачи исследования:

- аналитическое изучение факторов, влияющих на теплоотдачу отопительных приборов;
- произвести теоретические исследования влияния температурного напора на теплоотдачу радиаторов;
- определить значения температур внутреннего воздуха рассматриваемых помещений, методом численного моделирования с применением ЭВМ [11–12].

Методы исследования включали аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, сбор фактических данных по характеристикам жилого здания и функционирующей системы отопления в нем, численное моделирование изменения параметра температуры внутреннего воздуха с применением ЭВМ. [11–12]

Соблюдение требуемой теплоотдачи отопительного прибора для каждого помещения с известными теплопотерями, обеспечивается подбором площади радиатора с учетом среднего температурного напора согласно формуле [2], Вт:

$$Q = K_{np} \cdot F \cdot \Delta t_{cp} \quad (1)$$

где K_{np} – коэффициент теплопередачи отопительного прибора, Вт/м²·°C; F – площадь отопительного прибора м²; Δt_{cp} – температурный напор, °C.

Основная часть. Произведем тепловой расчет приборов с учетом регулирования теплового потока для стояка, проходящего через жилые комнаты, однотипных квартир 14-ти этажного жилого дома с верхней подачей теплоносителя.

При этом: t_6 - температура внутреннего воздуха, принимаем согласно ГОСТ 12.005-88 [13] и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений, $t_6 = 20$ °С; t_n - расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2] $t_n = -23$ °С; площадь наружной стены $F_{nc} = 19,8$ м², коэффициент теплопередачи наружной стены $K_{nc} = 0,28$ Вт/(м²·°С); площадь оконного проема $F_{ок} = 4,5$ м², коэффициент теплопередачи оконного проема $K_{ок} = 1,62$ Вт/(м²·°С); $F_{пол} = 23,4$ м².

Согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [16] отопление проектируют для обеспечения равномерного нагревания и нормируемой температуры воздуха в помещениях, с учетом:

1. потерь теплоты через ограждающие конструкции;
2. расхода теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха;
3. бытовых теплопоступлений Q_6 , поступающих регулярно от электрических приборов, освещения, трубопроводов, людей и других источников (следует принимать не менее 10 Вт на 1 м² пола).

Особенность расчета расхода теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, заключается в том, что его необходимо проводить для двух случаев: при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемой притоком подогретого воздуха $Q_{и в}$, Вт и при действии теплового и ветрового давлений $Q_{и тв}$, Вт [2]. При этом для определения $Q_{и в}$ расход удаляемого воздуха L_n , м³/ч для жилых зданий принимается равным нормативному расходу 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений, а для

$Q_{и тв}$ расход нагреваемого воздуха G_n , кг/ч приравнивается количеству инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности наружных ограждающих конструкций ΣG_n , кг/ч [2, стр.97].

На основании полученных значений $Q_{и в}$ и $Q_{и тв}$ за расчетный показатель расхода теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха принимается большее из этих значений. В связи с этим, добавочные теплопотери на инфильтрацию являются расчетными и в ряде случаев не равны действительным нуждам тепла на нагрев воздуха.

Расход теплоносителя в стояке – $G_{ст}$, кг/ч определяется по формуле:

$$G_{ст} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{расч}}{c \cdot (t_{вх} - t_{вых})}, \quad (2)$$

где $\Sigma Q_{расч}$, Вт – теплопотери помещений (которые обслуживает рассматриваемый стояк), с учетом того, что $Q_u = Q_{ув}$, Вт; c – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); $(t_{вх} - t_{вых})$ – температура теплоносителя на входе и выходе из прибора 95;70 °С, соответственно.

Теплопотери через наружные ограждения, Вт:

$$Q_{но} = \Sigma (K_{но} \cdot F_{но}) \cdot (t_6 - t_n), \quad (3)$$

$F_{но}$ – площадь наружных ограждений (световых проемов, наружных стен, пола или потолка подвального или чердачного перекрытия) соответственно, м²; $K_{но}$ – коэффициент теплопередачи ограждений (световых проемов, наружных стен, пола или потолка подвального или чердачного перекрытия), Вт/(м²·°С).

Согласно [2, стр.96, ф.(9.12)] расхода теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха для каждого помещения с 1 по 14 этажи составляет $Q_u = 1018,8$ Вт. При этом расчетные теплопотери для помещений $Q_{расч}^{2-13}$ со 2 по 13 этаж и $Q_{расч}^{1и14}$ для 1 и 14 этажей с учетом основных теплопотерь через наружные ограждения $Q_{но}$ и Q_6 , равны, Вт:

$$Q_{расч}^{2-13} = (Q_{но} + Q_u - Q_6) \cdot 12 = (785,8 + 1018,8 - 234) \cdot 12 = 1571 \cdot 12 = 18852, \quad (4)$$

$$Q_{расч}^{1и14} = (Q_{но} + Q_u - Q_6) \cdot 2 = (995,8 + 1018,8 - 234) \cdot 2 = 2 \cdot 1781 = 3561,2, \quad (5)$$

Тогда общие теплопотери однотипных помещений с 1 по 14 этаж $\Sigma Q_{расч} = 22413$ Вт. По формуле (2) расход теплоносителя в стояке $G_{ст} = 770$ кг/ч.

Расход воды через прибор $G_{пр}$, кг/ч зависит от коэффициента затекания теплоносителя в прибор α и $G_{ст}$, кг/ч:

$$G_{пр} = \alpha \cdot G_{ст}, \quad (6)$$

По табл.51 [10, стр.95] для диаметра труб стояка $d_{ст} = 25$ мм и $G_{ст} = 770$ кг/ч скорость воды $v_в = 0,385$ м/с, тогда по табл.38 [10, стр.62] $\alpha = 0,312$ в соответствии с условными диаметрами $d_1 = 25$, $d_2 = 20$, $d_3 = 20$ мм (рис.1).

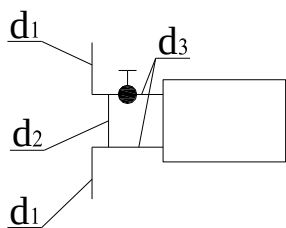


Рис.1 Схема обвязки нагревательного прибора

Определим $G_{пр}$, кг/ч, с учетом значений α и $G_{ст}$, кг/ч:

Изменение $Q_{расч}$ помещений в зависимости от t_n , °C

Таблица 1

t_n , °C	-23	-20	-10	-5	0	+8
$Q_{расч}^{2-13}$, Вт	1571	1445	1025	816	606	270
$Q_{расч}^{14}$, Вт	1781	1655	1235	1026	816	480

Для однотрубных систем отопления температура выхода теплоносителя из прибора на верхнем 14 этаже вычисляется по формуле [20], °C:

$$t'_{вых} = t_{вх} - \left(\frac{Q_{расч} \cdot 3,6}{c \cdot G_{пр}} \right) = 88,63 \quad (8)$$

$$t_{вых} = \alpha \cdot t'_{вых} + (1 - \alpha) \cdot t_{вх} = 93,01 \quad (9)$$

Температура входа теплоносителя в прибор на 13 и последующих этажах равна температуре выхода воды из прибора расположенного на предыдущем этаже соответственно.

На основании формул [1, (4.26; 4.30)] количество секций в радиаторе, обеспечивающих требуемую теплоотдачу определяем по следующей зависимости:

$$n = \frac{Q_{расч}^{эт}}{a_{сек} \cdot q_{ф}} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3} \quad (10)$$

где $Q_{расч}^{эт}$ – расчетные теплотери рассматриваемого этажа, равные требуемой теплоотдаче радиатора, Вт; $a_{сек}$ – поверхность нагрева одной секции, для радиаторов MC-140 $a_{сек} = 0,244 \text{ м}^2$; β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора [7, стр.47], согласно (рис.1) принимаем $\beta_4 = 1$ [7, стр.47]; β_3 – коэффициент, зависящий от количества секций в радиаторе согласно рекомендациям [8, стр.47]; $q_{ф}$ – фактическая плотность теплового потока отопительного прибора для условий, отличных от стандартных [1, стр.158], Вт/м²:

$$q_{ф} = q_{ном} \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p \quad (11)$$

$q_{ном}$ – поверхностная плотность теплового потока отопительного прибора при стандартных

$$G_{пр} = \alpha \cdot G_{см} = 0,312 \cdot 770,2 = 240,3 \quad (7)$$

Теплопотери помещений через ограждающие конструкции рассчитаны согласно формуле (3) при условии $t_n = -23$ °C. Рассчитаем потери теплоты через наружные ограждения при $t_n = -20$; $t_n = -10$; $t_n = -5$; $t_n = 0$; $t_n = +8$ °C. Полученные данные сведем в табл. 1.

условиях работы, Вт/м², для чугунных радиаторов MC-140 $q_{ном} = 758 \text{ Вт/м}^2$ [8, прил.9]; n и p – экспериментальные значения показателей степени принимаем равными $n=0,3$ и $p=0$ [7, табл.9.2]; Δt_{cp} – средний температурный напор в отопительном приборе на 14 этаже, °C, равный:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_a = \frac{95 + 93,01}{2} - 20 = 71,32 \quad (12)$$

где $\Delta t_{вх}$ и $\Delta t_{вых}$ – температуры теплоносителя, °C, на входе и выходе из отопительного прибора, расположенного на соответствующем этаже, °C.

Следовательно, $q_{ф}$ радиатора на 14 этаже, Вт:

$$q_{ф} = 758 \cdot \left(\frac{71,32}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{240,3}{360} \right)^0 = 783,7 \quad (13)$$

При этом количество секции отопительного прибора на 14 этаже принимаем согласно формуле (10) $n=10$. Для остальных этажей расчет по определению требуемого числа секций радиатора проводим аналогично расчету для 14 этажа.

Учитывая формулу (11), теплоотдача отопительного прибора зависит от коэффициента теплопередачи $K_{пр}$, Вт/(м²·°C). Значение данного коэффициента определяется типом выбранного радиатора и, как правило, приводится в справочной литературе. Так номинальное значение $K_{ном}$ для чугунного радиатора MC-140 [7, табл. 9.7] составляет (10,83 Вт/м²·°C).

Следуя рекомендациям [8] коэффициент теплопередачи прибора $K_{ф}$, Вт/(м²·°C), при условиях отличных от нормальных (когда $\Delta t_{cp} = 70$ °C и $G_{пр} = 360$ кг/ч), определяется по формуле:

$$K_{\phi}^{14} = K_{ном} \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p = 10,83 \left(\frac{71,32}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{240,4}{360} \right)^0 = 11,2 \quad (14)$$

Результаты изменения фактического коэффициента теплопередачи по этажам и сравнение

его с номинальным значением представим в виде диаграммы (рис. 2).

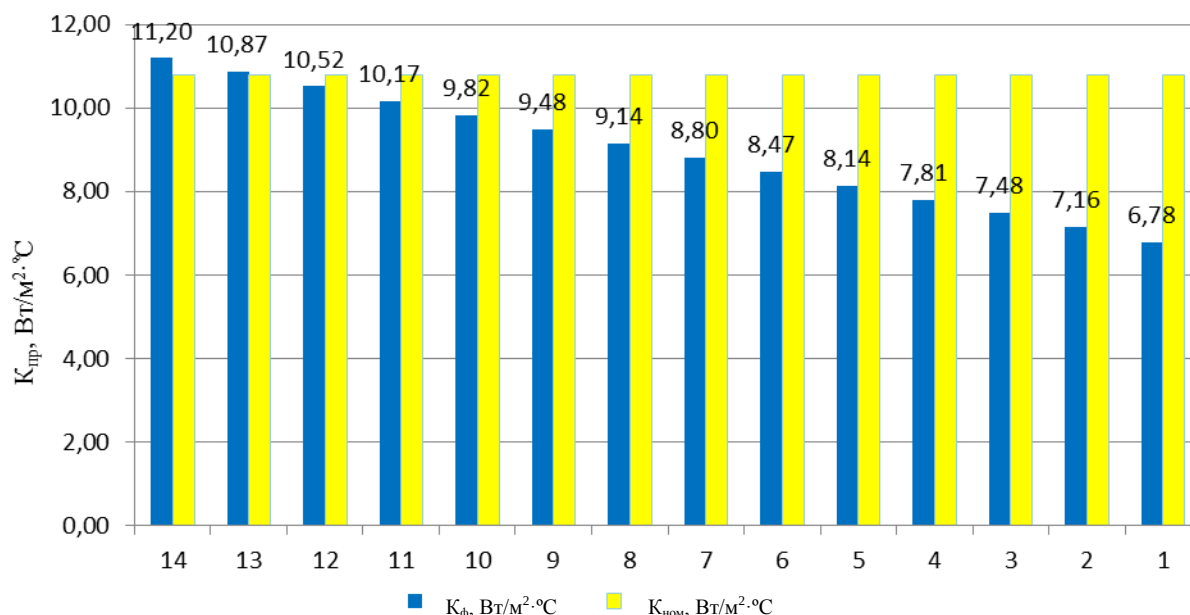


Рис. 2. Диаграмма изменения фактического коэффициента теплопередачи радиаторов по стояку при движении теплоносителя «сверху-вниз»

Таким образом, согласно расчетным данным (рис.2) коэффициент теплопередачи прибора изменяется по пути движения теплоносителя и зависит от среднего температурного напора в отопительном приборе $\Delta t_{cp}, ^\circ\text{C}$ и $G_{np}, \text{кг/ч}$.

Произведем расчет теплоотдачи отопительных приборов $Q_{\phi}, \text{Вт}$ по формуле (1), но с учетом изменения $K_{\phi}, \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, при условиях отличных от нормальных и сравним полученные данные с расчетными значениями теплоотдачи приборов $Q_{расч}, \text{Вт}$ (численно равными количеству тепловой энергии отопительных приборов в следствии охлаждения воды от $t_{вх}$ до $t_{вых}$, при

известном расходе воды). Результаты представим в виде диаграммы на (рис.3).

По данным диаграммы (рис.3) видно, что значения Q_{ϕ} отличаются от расчетных показателей $Q_{расч}$, ввиду изменения коэффициента теплопередачи радиаторов по стояку. Таким образом, тепловой расчет радиаторов системы отопления следует проводить с учетом $K_{\phi}, \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, зависящего от изменения показателей $\Delta t_{cp}, ^\circ\text{C}$ и $G_{np}, \text{кг/ч}$ в приборе, что позволяет более точно определить требуемое количество секций радиатора и тем самым приблизится к оптимальному обеспечению благоприятных условий теплового комфорта в помещениях.

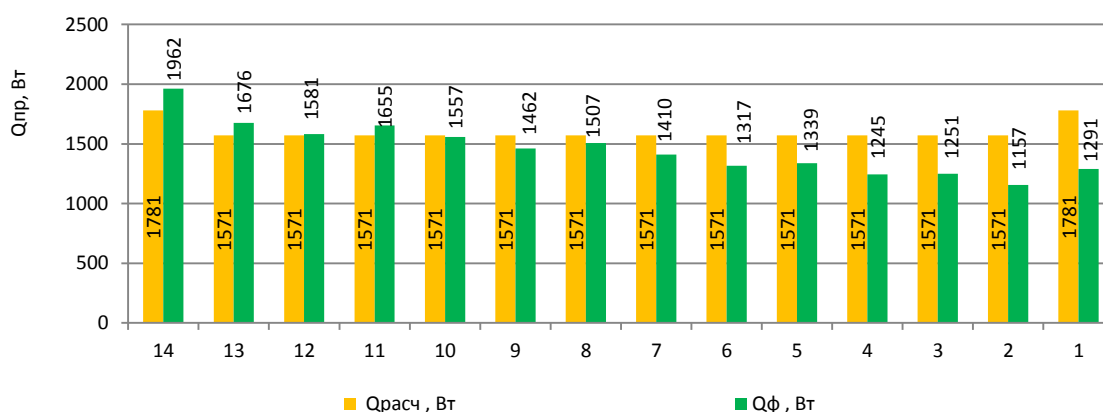


Рис. 3. Диаграмма сравнения расчетного значения теплоотдачи $Q_{расч}$ и теплоотдачи прибора Q_{ϕ} , с учетом изменения коэффициента теплопередачи радиаторов по стояку при движении теплоносителя «сверху-вниз»

Результаты. Рассчитаем, согласно приведенным расчетным зависимостям, температуру внутреннего воздуха ϕ_{t_b} с реальным значением площади отопительных приборов по этажам,

обозначим ее «фактической», но с учетом «фактического» коэффициента теплопередачи радиаторов K_{ϕ} , Вт/(м²·°C), зависящего от изменения Δt_{cp} , °C.

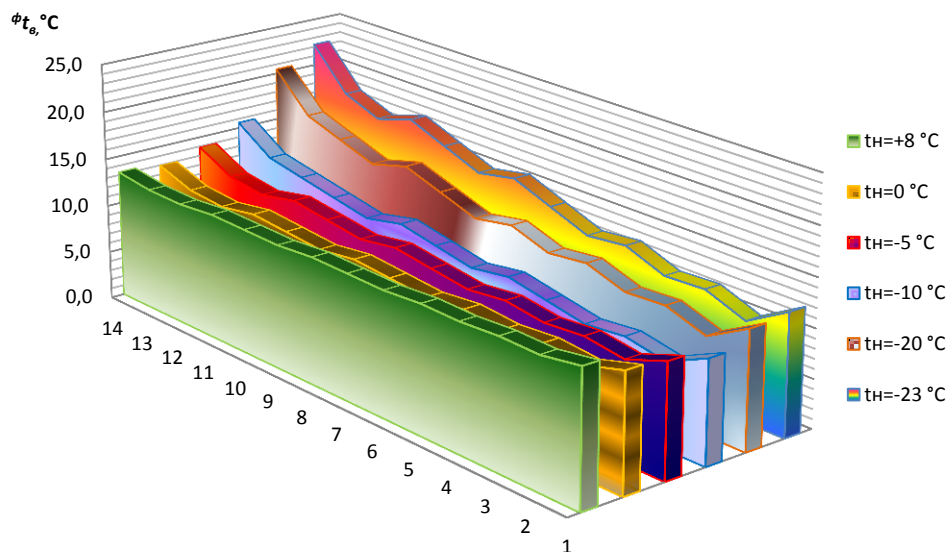


Рис. 4 Диаграмма расчетных данных фактической температуры внутреннего воздуха ϕ_{t_b} , °C в помещениях с 1 по 14 этаж включительно.

Формулу определения фактической температуры внутреннего воздуха ϕ_{t_b} , выведем из уравнения теплового баланса, где количество теплотер помещения Q_1 , равно количеству теплоступлений Q_2 , Вт:

$$Q_1 = Q_2, \quad (15)$$

$$\phi_{t_b} = \frac{n_{сек} \cdot f_{сек} \cdot t_{np} \cdot K_{\phi} + t_n (F_{ок} K_{ок} + F_{ст} K_{ст} + 0,28 \cdot G_{инф} \cdot \rho_v \cdot c_v)}{n_{сек} \cdot f_{сек} \cdot K_{\phi} + (F_{ок} K_{ок} + F_{ст} K_{ст} + 0,28 \cdot G_{инф} \cdot \rho_v \cdot c_v)}, \quad (18)$$

ρ_v , c_v – плотность, кг/м³ и теплоемкость, кДж/кг·°C, внутреннего воздуха соответственно.

Подставив соответствующие значения в формулу (18) для 14 этажа получаем значение $\phi_{t_b}^{14} = 22,26$ °C, которое на 2,26 °C превышает расчетное значение $t_b = 20$ °C. Рассчитаем ϕ_{t_b} для 13-1 этажей аналогично $\phi_{t_b}^{14}$, °C при $t_n = -23$ °C. Так же проведем расчет фактического значения температуры внутреннего воздуха для помещений 1-14 этажей при $t_n = -20; -10; -5; 0$; и $+8$ °C результаты представим в виде диаграммы (рис. 4).

Выводы. Принимая во внимание расчетные данные фактической температуры внутреннего воздуха ϕ_{t_b} , °C при различных условиях можно наблюдать зависимость данного параметра не только от величины t_n , °C, но и от условий и точности теплового расчета приборов отопления. Теплофизические свойства теплоносителя и приборов отопления так же определяют показатель площади поверхности нагрева, поэтому их отклонение от номинальных коэффициентов, применяемых в типовых тепловых расчетах си-

$$Q_1 = Q_{расч} = Q_{но} + Q_u - Q_{б}, \quad (16)$$

$$Q_2 = F_{пр} \cdot K_{\phi} \cdot \Delta t_{cp} = n \cdot a_c \cdot K_{\phi} \cdot \Delta t_{cp}, \quad (17)$$

$Q_{расч}$, Вт зависят от t_b температуры воздуха внутри помещения, поэтому приравняв $Q_1 = Q_2$, получим формулу определения фактической температуры внутреннего воздуха, °C:

тем, приводит к неверному решению по установлению требуемой площади радиаторов, что может послужить причиной несоответствия фактической температуры внутри помещения принятым нормам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: уч. для вузов. М.: Стройиздат, 1991. 735 с
2. Еремкин А.И. Королева Т.И. Тепловой режим зданий: учебное пособие // Ростов н/Д.: Феникс, 2008.
3. Карпов В.Н. О проектировании современных систем отопления в многоэтажных зданиях жилого и общественного назначения//АВОК. 2008. №1. С.74–83.
4. Ливчак. В.И. Автоматизация однотрубных систем отопления по технологии термостатирования стояков // Энергосбережение: специализированный журнал. АВОК. М., 2011. № 7. С. 28–31

5. Куцев Л.А., Дронова Г.Л. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве // Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. 2008. №2. С. 24–25.
6. Лопина Е.А., Елистратова Ю.В., Гунько И.В., Семенов А.С. Об эффективности систем отопления // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3. С. 96.
7. Лобаев Б.Н. Расчет систем отопления. К. «Будівельник», 1966, С.207.
8. Научно-производственная фирма 000 «ВИТАТЕРМ» Федеральное государственное унитарное предприятие «НИИсантехники». Рекомендации по применению чугунных секционных радиаторов. М.: изд-во «Тайм», 2000.
9. Сасин В.И. Термостаты в российских системах отопления // АВОК. 2004. № 5. С. 64-68.
10. Староверов И.Г. Внутренние санитарно-технические устройства в 3 ч. Ч. I. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Купнов, А.Н. Сканави и др.; Под.ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1990. 344с.
11. Minko V.A., Seminenko A.S., Alifanova A.I., Elistratova J.V., Tkach L.V. Assumptions and premises of heating systems hydraulic calculation methods: part 1 // Ecology, Environment and Conservation Paper Vol 21, Issue 1, 2015; Page No.(55-60)
12. Minko V.A., Seminenko A.S., Alifanova A.I., Elistratova J.V., Tkach L.V. Assumptions and premises of heating systems hydraulic calculation methods: part 2 // Ecology, Environment and Conservation Paper Vol 21, Issue 2, 2015; Page No.(1075-1080)
13. ГОСТ 12.005-88 Общие Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.- М.: ИПК издательство стандартов, 1989.
14. ГОСТ Р 51617-2000 «Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия», (ГОСТ Р 51617-2014
15. Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Коммунальные услуги. Общие требования).
16. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Госстрой России. М.: ФГУП ЦПП, 2004.

Elistratova J.V., Seminenko A.S.

**ANALYSIS OF THERMAL CALCULATION OF THE HEATING DEVICES
BASED HEAT TRANSFER COEFFICIENT AND THE HEAT BALANCE EQUATION**

This article is devoted to the analysis of thermal calculation of the heating devices, one of the required calculations of heating systems, ensuring stable and efficient operation of heating systems. A variant of one-pipe heating system with offset marginal portions and the top layout flow line, shows the difference in calculation results by the equation of heat balance of the heater and calculate the actual heat flow (heat transfer coefficient) taking into account the deviation from the rated (nameplate) conditions. The calculation of a thermal mode of premises, shows the deviation of indoor air temperature in view of the divergence of calculation results for thermal energy.

Key words: heating system, thermal calculation of the heating of the priori, the equation of thermal balance, the heat transfer coefficient of the heater.

Елистратова Юлия Васильевна, аспирант кафедры теплогоснабжения и вентиляции.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: tgv.bel@gmail.com

Семенов Артем Сергеевич, старший преподаватель кафедры теплогоснабжения и вентиляции.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: seminenko.as@gmail.com

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/22248

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ ЛЕНТ ДЕЗАГРЕГИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗАГРЕГАЦИИ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В СЕПАРАТОРЕ

dh@intbel.ru

В производстве строительных материалов для разделения продуктов помола на фракции используют замкнутую систему помола мельница-сепаратор. В результате сепарации образуется крупка, которая возвращается на домол в мельницу, и готовый продукт. При этом вместе с крупкой в виде агрегатов в мельницу возвращаются и частицы готового продукта. Это снижает эффективность работы помольного комплекса в целом и сепаратора в частности. Применение в сепараторе устройства в виде многозаходных лент позволяет разрушать агрегаты частиц. В статье приведены аналитические выражения для определения угла установки лент устройства, эффективности дезагрегации частиц; результаты исследований процесса дезагрегации, полученные с использованием разработанных выражений для частиц различной крупности.

Ключевые слова: сепарация, агрегаты частиц, дезагрегирующее устройство, угол установки лент устройства, эффективность дезагрегации.

В производстве строительных материалов разделение продуктов помола на фракции применяется при получении цемента, молотого гипса, мела, извести, при этом используют замкнутую систему помола мельница-сепаратор. Об отрицательном влиянии агрегации тонкодисперсных частиц на эффективность процесса сепарации сообщается в работах [1, 2, 3]. Для снижения негативного влияния этого явления на сепарацию частиц разработана конструкция устройства в виде многозаходных лент. Устройство позволяет разрушать агрегаты частиц за счет эффективного взаимодействия с агрегатами [4]. Эффективность дезагрегации устройства зависит от ряда параметров, из которых важным является угол установки лент. Он имеет различные значения для частиц различной крупности. Максимальная эффективность устройства достигается при лобовом контакте агрегатов с лентами. В связи с этим определение угла установки лент устройства для частиц различной крупности является актуальной задачей, решение которой позволит установить его рациональные значения для различных технологических режимов работы сепаратора.

Для расчета угла установки лент устройства в сепарационной камере радиусом R_k необходимо определить значения радиальной (w_r) тангенциальной (w_ϕ) и вертикальной (w_z) проекций

скорости при подлете частицы материала к фрагменту многозаходной ленты после ее схода с поверхности распределительного диска. Значения w_r, w_ϕ, w_z могут быть определены по существующим методикам [5, 6, 7]. Согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 1, величина угла установки ленты Ω для обеспечения лобового удара о поверхность многозаходной ленты для различных значений диаметров частиц материала относительно горизонта будет определяться следующим соотношением:

$$\Omega = \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{w_z}{\sqrt{w_r^2 + w_\phi^2}}. \quad (1)$$

Так, для сепаратора Полидор $\varnothing 4000$ ($R_k=1,65$ м) при постоянном расходе воздуха $Q = 30 \text{ м}^3/\text{с}$ и учете скорости схода частиц с распределительного диска были рассчитаны значения проекций скоростей для частиц размером 80 мкм, 200 мкм, 315 мкм, 630 мкм, а также согласно (1) определены значения угла Ω установки многозаходных лент.

Полученные в результате вычислений значения радиальной (w_r), тангенциальной (w_ϕ) и вертикальной (w_z) проекций скорости при подлете частицы к ленте, а также оптимальное значение угла установки лент Ω представлены в таблице 1.

Результаты показывают, что угол установки лент Ω относительно горизонтальной части распределительного устройства для восходящих частиц крупностью 200 мкм составляет 84° и для агрегатов крупностью 315 мкм: -75° , для агрегатов крупностью 630 мкм: -66° . При этих значениях углов установки лент достигается лобовой контакт агрегатов частиц соответствующей крупности.

Таким образом, полученное соотношение (1) позволяет определить углы установки дезагрегирующих многозаходных лент относительно горизонтальной плоскости, в зависимости от величин составляющих скорости движения частицы w_r, w_φ, w_z .

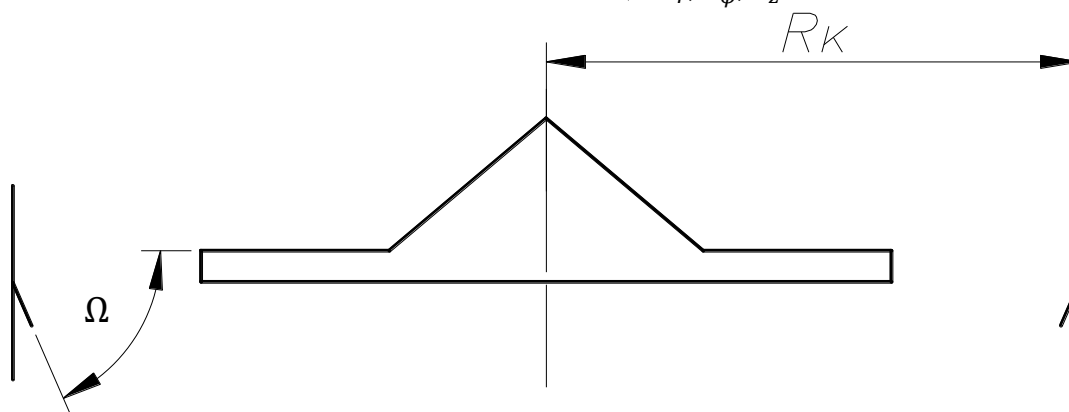


Рис. 1. Расчетная схема для определения угла установки многозаходных лент

Таблица 1

Значения компонент скорости частиц по крупности и угла установки многозаходных лент

Размер частиц	80 мкм	200 мкм	315 мкм	630 мкм
w_r , м/с	0,11	0,95	0,96	0,97
w_φ , м/с	0,41	0,88	1,36	1,85
w_z , м/с	2,12	0,14	0,45	0,83
Ω	11°	84°	-75°	-66°

При подлете к поверхности фрагмента многозаходной ленты частица материала будет обладать следующей кинетической энергией «Т»:

$$T = \frac{m}{2} (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2), \quad (2)$$

где m – масса частицы агрегата.

В работе [8] приведено соотношение, позволяющее найти затраты энергии на дезагрегацию:

$$\frac{\eta E}{m} = \frac{k\sigma}{3\rho} (S_k - S_n), \quad (3)$$

где k – степень измельчения; σ – поверхностное натяжение на границе «агрегат – окружающая среда»; S_n – удельная площадь поверхности частицы – агрегата; S_k – удельная площадь поверхности образовавшихся после дезагрегации частиц; η – эффективность дезагрегации; E – энергия, сообщаемая частице-агрегату извне; ρ – плотность частицы-агрегата.

Удельные площади поверхностей определяются следующими соотношениями:

$$S_n = \frac{\pi d^2}{\pi d^3} = \frac{6}{d}, \quad (4)$$

$$S_k = \frac{\pi \bar{d}_k^2}{\frac{\pi \bar{d}_k^3}{6}} = \frac{6}{\bar{d}_k}, \quad (5)$$

где d – исходный диаметр агрегата; $\bar{d}_k$ – средний конечный диаметр дезагрегированных частиц.

Если для описания энергии, сообщаемой материалу извне, взять соотношение (2), тогда с учетом (4) и (5) выражение (3) принимает следующий вид:

$$\frac{\eta E}{m} = \frac{4k\sigma}{\rho} \left(\frac{1}{\bar{d}_k} - \frac{1}{d} \right) = \eta (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2). \quad (6)$$

На основании соотношений (4) и (5) находим, что степень дезагрегации можно представить в следующем виде:

$$k = \frac{S_k}{S} = \frac{d}{\bar{d}_k}. \quad (7)$$

Если экспериментальным путем, описанным в [9], определить величину поверхностного натяжения σ , тогда с учетом (7) находим, что:

$$\eta = \frac{4\sigma(d - \bar{d}_k)}{\rho \bar{d}_k^2 (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2)}. \quad (8)$$

Выражение (8) с учетом (7) примет следующий вид:

$$\eta = \frac{4\sigma k(k - 1)}{\rho d (w_r^2 + w_\varphi^2 + w_z^2)} \cdot 100\%. \quad (9)$$

Выражение (9) показывает, что эффективность дезагрегации двух одинаковых частиц-агрегатов зависит от скорости частицы и угла

установки дезагрегирующих многозаходных лент. При лобовом столкновении агрегата с лентой степень дезагрегации увеличиваться при возрастании скорости столкновения.

На рисунке 2 показаны зависимости эффективности дезагрегации η от степени дезагрегации k – графики построены для сепаратора Полидор $\varnothing 4000$. Так, значение эффективности дезагрегации $\eta = 30\%$ для частицы размером 80 мкм достигает при степени дезагрегации $k =$

1,42. Для частицы размером 200 мкм такое же значение эффективности дезагрегации достигается при $k = 1,35$. Возрастание эффективности дезагрегации при увеличении степени дезагрегации носит практически линейный характер для агрегатов как крупностью 80 мкм, так и крупностью 200 мкм.

На рисунке 3 показаны зависимости эффективности дезагрегации η от степени дезагрегации k исходной частицы-агрегата.

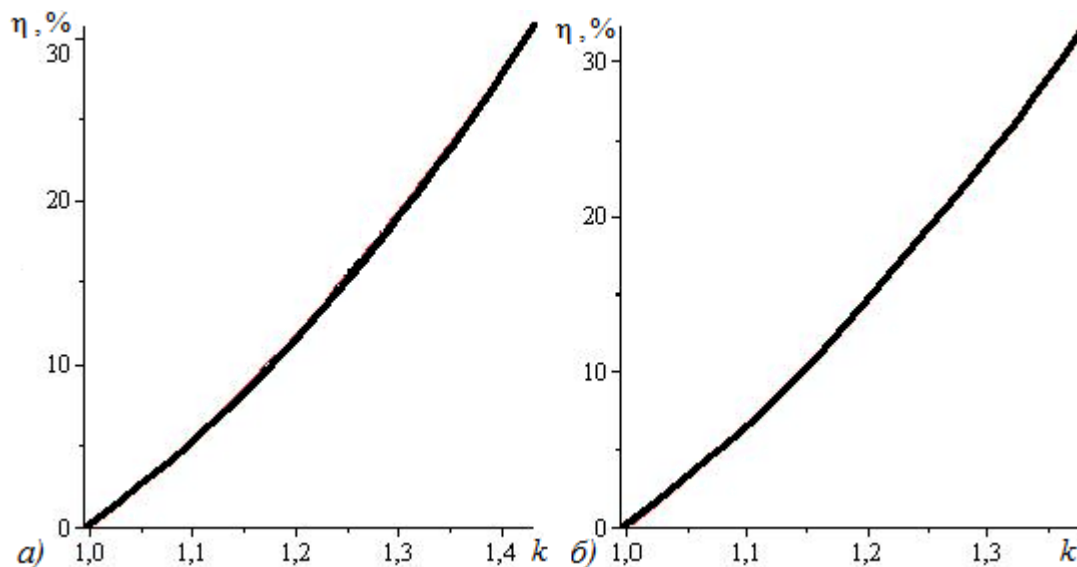


Рис. 2. Зависимость эффективности дезагрегации от степени дезагрегации для агрегатов размером а) 80 мкм и б) 200 мкм

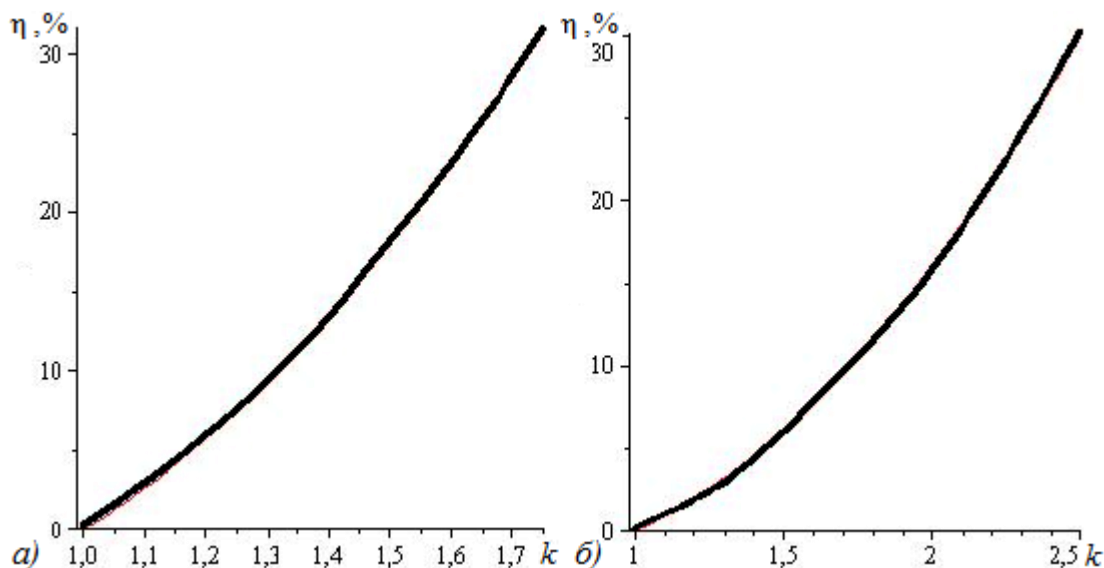


Рис. 3. Зависимость эффективности дезагрегации от степени дезагрегации для агрегатов размером а) 315 мкм и б) 630 мкм

Графики построены для сепаратора Полидор $\varnothing 4000$, при объемном расходе воздуха через сепарационную камеру $30 \text{ м}^3/\text{с}$. Значение эффективности дезагрегации $\eta = 30\%$ для агрегата частиц размером 315 мкм соответствует значению степени дезагрегации $k = 1,72$, для частицы размером 630 мкм значение эффективности $\eta = 30\%$ соответствует степени дезагрегации k

$= 2,48$. Полученные зависимости показывают, что для достижения одной и той же эффективности дезагрегации разных по крупности агрегатов частиц необходимо достичь различных степеней дезагрегации, причем, чем крупнее агрегат, тем выше степень дезагрегации.

Таким образом, полученное соотношение (1) позволяет определить угол Ω установки лент

дезагрегирующего устройства в камере сепарации для агрегатов, размер которых соответствует крупке, а выражение (9) дает возможность рассчитать эффективность дезагрегации устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды. М.: Наука, 1979. 384 с.
2. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. Москва: Изд-во «Химия», 1980. 320 с.
3. Clark M. Separation efficiency. International Cement Review (ICR). 2004. September. P.38.
4. Патент на изобретение №2544354, МПК B07B7/083. Циркуляционный динамический сепаратор сыпучих материалов / Трофимченко В.Н., Богданов В.С., Ханина О.С. Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». Заявка № 2014110830/03; заявлено 20.03.2014; Опубликовано 20.03.2015, Бюл. №8
5. Шваб А.В., Зятиков П.Н., Садретдинов Ш.Р., Брендаков В.Н. Исследование турбулентного двухфазного потока в центробежном аппарате. // Прикладная механика и техническая физика. 2012. Т53. №2. С 33–42.
6. Барский М.Д. Фракционирование порошков. – М.: Недра, 1980. 327 с.
7. Росляк А.Т., Бирюков Ю.А., Пачин В. Н. Пневматические методы и аппараты порошковой технологии. Томск; Изд-во Том. ун-та, 1990. 272 с.
8. Иванов О.С., Василишин М.С. Методика определения затрат энергии на дезагрегацию ультрадисперсных частиц. // Ползуновский вестник. № 4–1. 2011. С.180–182.
9. Иванов О.С. Совершенствование методов расчёта роторно-пульсационных аппаратов применительно к процессу измельчения: диссертация кандидата тех. наук. 05.17.08 Бийск, 2011. 130 с.

Trofimchenko V.N., Voronov V.P., Mordovskaya O.S., Khanin S.I.

CALCULATION OF AN INSTALLATION ANGLE FOR BANDS OF DISAGGREGATING DEVICE AND ITS EFFICIENCY FOR PARTICLES SEPARATION

For building materials production, separation process uses for size classification of powders production. Closed circle (mill and separator) uses for grinding of the powders. Coarse particles and fine particles are formed during separation process. The coarse particles return into a mill for additional grinding. The fine particles return into a mill as aggregates with coarse particles. Aggregation of particles and returning of them into a mill is decreased of efficiency of closed circle. Due to that installation of the disaggregating device promote to disaggregation particles process. In the article presents mathematical expressions for calculation of band installation angle of disaggregation device, efficiency of disaggregation process and results of disaggregation process investigation.

Key words: separation, aggregated particles, disaggregation device, band installation angle, efficiency of disaggregation device.

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, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Горбань Т.Л., аспирант,
Лунев А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ПРОТИВОТОЧНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

v. s _ bogdanov@mail.ru

В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить производительность центробежной противоточной мельницы, учитывая движение материала вдоль криволинейных и прямолинейных лопаток разгонных роторов. Представлена расчетная схема для определения производительности центробежной противоточной мельницы.

Ключевые слова: мельница, производительность, лопатка, материал.

Центробежные противоточные мельницы (рис. 1) являются помольным оборудованием,

обеспечивающим измельчение материалов с повышенной твердостью и абразивностью [1].

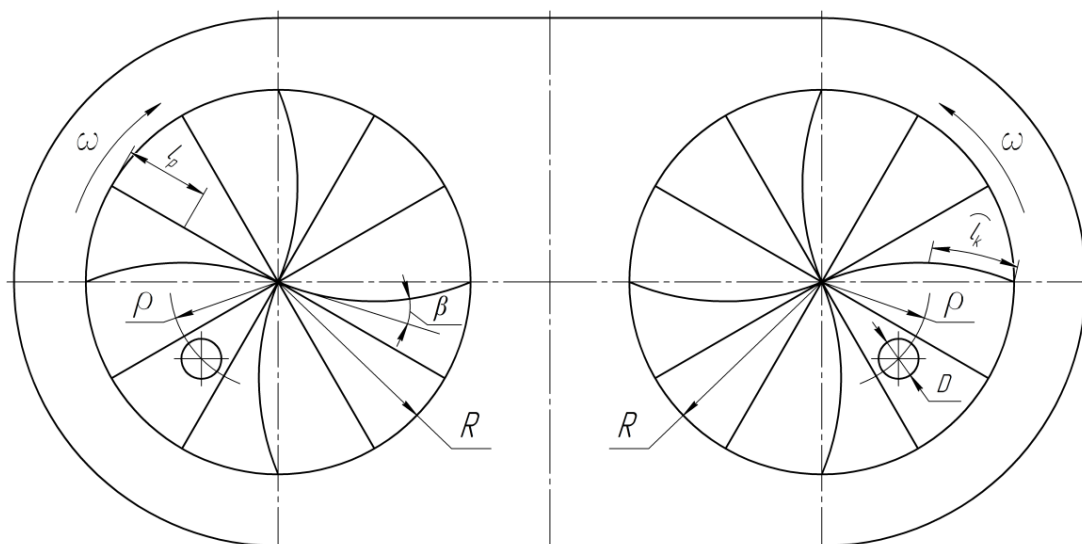


Рис. 1 Схема к определению производительности центробежной противоточной мельницы

Массовый расход сыпучего материала через цилиндрический загрузочный патрубок определяется соотношением:

$$Q = \gamma_0 \frac{dV}{dt}, \quad (1)$$

где γ_0 – насыпная плотность сыпучего материала внутри цилиндрического патрубка; V – объем сыпучего материала, заключенного в цилиндре высотой « z » и диаметром « D ».

Величина этого объема равна:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot z. \quad (2)$$

Подстановка (2) в (1) приводит к следующему соотношению:

$$Q = \frac{\pi \gamma_0 D^2}{4} \cdot \vartheta, \quad (3)$$

здесь ϑ – величина скорости движения частиц сыпучего материала внутри цилиндрического патрубка. Значение величины этой скорости задается соотношением:

$$\vartheta = \sqrt{2gH}, \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения; H – значение высоты, с которой начинают свое движение частицы сыпучего материала вдоль цилиндрического вертикального патрубка.

Естественно предположить, что частицы материала будут захватываться лопатками одного ротора за время « t », равное времени падения частиц на расстояние, равное половине их диаметра « d »:

$$t = \frac{d}{2 \cdot \vartheta} = \frac{d}{2 \sqrt{2gH}}. \quad (5)$$

При попадании частиц материала на поверхность криволинейной лопатки ротора материал начинает двигаться вдоль поверхности со скоростью « v_k », равной [2]:

$$v_k = \frac{\omega \cdot \rho}{2 \cdot f} (\cos \beta - f \sin \beta), \quad (6)$$

где ρ – расстояние от оси вращения до центра загрузочного патрубка; f – коэффициент трения частицы материала о поверхность лопатки ротора; β – угол отклонения направления поверхности криволинейной лопатки от радиального направления.

В свою очередь, при попадании частиц материала на поверхность радиально ориентированной лопатки материал начинает двигаться вдоль её поверхности со скоростью « v_p », значение которой на основании (6) будет определяться соотношением:

$$v_p = \frac{\omega \cdot \rho}{2 \cdot f}. \quad (7)$$

На каждую радиальную лопатку ротора за время « t » попадает порция материала длиной « l_p »:

$$l_p = t \cdot v_p = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{4\sqrt{2} \cdot f \sqrt{g \cdot H}}. \quad (8)$$

а каждую криволинейную лопатку ротора за время « t » попадает порция материала « l_k » равная:

$$Q_m = 2Q_p = 2 \frac{M}{T} = \frac{\gamma \cdot \omega^3 \cdot d^2 \cdot \rho^2}{32 \cdot \pi \cdot f^2 \cdot g \cdot H} (h_k \cdot n_k (\cos \beta - f \sin \beta) + h_p \cdot n_p). \quad (14)$$

Таким образом, полученное соотношение (14) определяет производительность (максимальную пропускную способность) центробежной противоточной мельницы.

$$D = D_{\text{оп}} = \frac{1}{2^{1/4} \pi} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_0} \cdot \omega \cdot d \cdot \rho \sqrt{\frac{\omega (h_k \cdot n_k (\cos \beta - f \sin \beta) + h_p \cdot n_p)}{(gH)^{3/2}}}. \quad (15)$$

При диаметре цилиндрического патрубка $D = D_{\text{оп}}$ обеспечивается максимальная производительность центробежной противоточной мельницы. В свою очередь, значение величины γ_0 можно найти на основании равенства пропуск-

$$l_k = t \cdot v_k = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho \cdot (\cos \beta - f \sin \beta)}{4\sqrt{2} \cdot f \sqrt{g \cdot H}}. \quad (9)$$

Если учесть, что время полного оборота ротора с частотой его вращения « ω » связано соотношением:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}, \quad (10)$$

а масса материала, проходящая через один ротор за его полный оборот равна:

$$M = \gamma \cdot (S_k \cdot l_k \cdot n_k + S_p \cdot l_p \cdot n_p), \quad (11)$$

где γ – насыпная плотность материала; S_k и S_p – соответственно площади поверхности криволинейной и радиальной лопаток, занятые материалом; n_k и n_p – соответственно число криволинейных и радиальных лопаток, расположенных на одном роторе.

Очевидно что:

$$S_k = l_k \cdot h_k, \quad (12)$$

а

$$S_p = l_p \cdot h_p, \quad (13)$$

здесь h_k и h_p – соответственно высота криволинейной и радиальной лопаток.

На основании полученных соотношений (8) – (13) производительность рассматриваемой центробежной противоточной мельницы будет определяться следующим выражением:

Для обеспечения производительности (14) необходимо, чтобы диаметр цилиндрического патрубка удовлетворял следующему условию [3]: $Q_p = Q$.

На основании (14) и (3) с учетом (4) имеем:

ной способности цилиндрического патрубка и конического бункера [4], [5].

На основании сказанного получаем следующее равенство:

$$\frac{\pi \cdot \gamma_0}{4} \cdot D^2 \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \gamma \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H \cdot D}{4R_k - 2D}}, \quad (16)$$

где R_k – радиус верхней части конического бункера.

Исходя из (16) находим, что

$$\gamma_0 = \gamma \cdot \sqrt{\frac{D}{8 \cdot R_k - 4 \cdot D}}. \quad (17)$$

Согласно полученному соотношению (17) $\gamma_0 = \gamma$;

$$R_k = \frac{5}{8} \cdot D. \quad (18)$$

Полученное соотношение (18) определяет взаимосвязь между радиусом верхнего основа-

ния конического бункера и диаметром цилиндрического загрузочного патрубка. На основании уравнения (14) построим графические зависимости $Q_0 = f(\omega)$, $Q_0 = f(\beta)$ и $Q_0 = f(\rho)$:

Анализ графических зависимостей, представленных на рис. 2 - 4 позволяет сделать следующий вывод: производительность центробежной противоточной мельницы увеличивается с увеличением частоты вращения роторов и радиальным расстоянием цилиндрического загрузочного патрубка, причём это увеличение имеет ярко выраженный нелинейный характер.

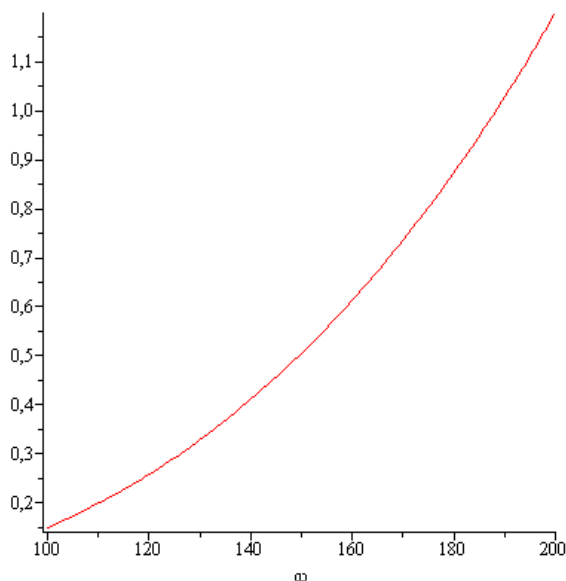


Рис. 2. Зависимость производительности центробежной противоточной мельницы от частоты вращения роторов

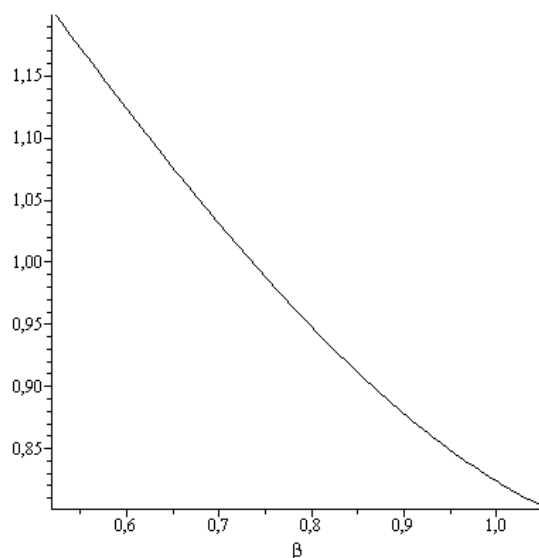


Рис. 3. Зависимость производительности центробежной противоточной мельницы от угла отклонения направления поверхности криволинейной лопатки от радиального направления

В это же время производительность центробежной противоточной мельницы уменьшается с увеличением угла, определяющим отклонение направления поверхности криволинейной лопатки от радиального направления, причем это уменьшение в рассматриваемом диапазоне изменения угла носит приблизительно линейный характер.

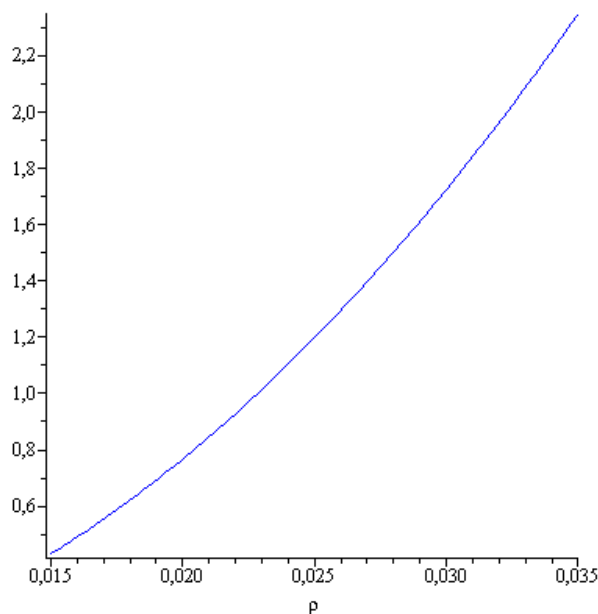


Рис. 4. Зависимость производительности центробежной противоточной мельницы от радиального расстояния от оси вращения до оси цилиндрического загрузочного патрубка

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов Н.М. Разработка конструкций центробежных противоточных мельниц и методика расчета их основных размеров//Сборник трудов Интенсивная механическая технология сыпучих материалов: Иваново, 1990. С. 61–69.
2. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. 2008. № 11-12. С. 93-96.
3. Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А. Основные процессы в производстве строительных материалов. Учебник для ВУЗов. 2е изд-ие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 550 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. I. Механика.- М.: Физматлит. 2004. 224с.
5. Уолис Г. Одномерные Двухфазные течения, М., 1972. С. 23–25.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Gorban T.L., Lunev A.S.

IN QUESTION ABOUT PERFORMANCE OF CENTRIFUGAL COUNTERCURRENT MILL

In this paper received an analytical expression that determine the performance of centrifugal countercurrent mills, considering the movement of the material along the curved and straight blades of booster rotor, and the expiry of the conical hopper and pass through the vertical pipe. It presented the design scheme for determining the performance of centrifugal countercurrent mill.

Key words: mill, performance, material, centrifugal.

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент 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.

Горбань Татьяна Леонидовна, аспирант кафедры механического оборудования

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

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

Лунев Артем Сергеевич, аспирант кафедры механического оборудования

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

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

Бестужева О.В., соискатель
Федоренко М.А., д-р техн. наук, проф.,
Бондаренко Ю.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

bestuzheva.o@yandex.ru

В различных отраслях промышленности для производства цемента, извести, гипса, керамических изделий для измельчения твердых материалов применяются вращающиеся сушильные и обжиговые печи, шаровые трубные мельницы и различное крупногабаритное вращающееся оборудование. Одним из главных факторов повышения производительности работы такого оборудования является его надежность, зависящая от качества монтажных работ, своевременного ремонта и технического обслуживания. Для изучения обработки крупногабаритных деталей промышленного оборудования разработана и изготовлена экспериментальная установка, которая позволит восстанавливать работоспособность агрегатов в условиях эксплуатации. С целью оценки эффективности использования предложенного способа восстановления поверхности вращения крупногабаритной детали промышленного оборудования требуется проведение экспериментальных исследований. В ходе проведения эксперимента необходимо исследовать влияние технологических параметров обработки ротационного резца для обработки поверхности вращения крупногабаритных деталей промышленного оборудования при различных параметрах. Решение этих вопросов позволит определить рациональные конструктивные и предпочтительные технологические параметры для получения максимальной эффективности обработки.

Ключевые слова: крупногабаритное вращающееся оборудование, восстановление работоспособности, экспериментальное исследование, влияние варьируемых параметров.

Введение. Важнейшим фактором повышения работоспособности и надежности крупногабаритного оборудования являются точность его монтажа, профилактические своевременные ремонты, замены изношенных узлов и агрегатов [1]. В процессе исследования на ряде предприятий производились обмеры загрузочных и разгрузочных цапф помольных агрегатов - запасных на складах или на мельницах, остановленных на ремонт.

В процессе изготовления и эксплуатации цапф валов из-за нарушений в технологических процессах изготовления формируются определённые наследственные дефекты, которые при эксплуатации вызывают повышенный износ цапф [2]. В результате появляется износ поверхности скольжения, вследствие чего цапфа теряет цилиндрическую форму и приобретает форму близкую к усечённому конусу [3].

Основная часть. В настоящее время, с целью восстановления поверхностей вращения крупногабаритных деталей промышленного оборудования применяют их обработку специальными переносными станками. Для проведения экспериментальных исследований по изучению обработки поверхности вращения крупногабаритных деталей промышленного оборудования требуется использование специального

станка, основного и вспомогательного инструмента и средств контроля, а именно:

- 1) Станок для обработки цапф помольных мельниц;
- 2) Ротационный резцедержатель, обеспечивающий изменение исследуемых параметров обработки в заданных постановкой задачи пределах;
- 3) Контрольно-измерительная аппаратура, соответствующая исследованию изучаемого процесса и обеспечивать необходимую точность измерения.

Для проведения экспериментальных исследований по определению влияния параметров режущего инструмента на точность и качество цилиндрической поверхности цапф, в качестве основного показателя, характеризующего исследуемый параметр, была принята величина диаметра обработанной заготовки [4]. В ходе реализации экспериментов проводились следующие измерения: величины углов установки и радиуса ротационного резца, контроль диаметра обработанного отверстия, величина шероховатости. В ходе проведения экспериментов необходимо исследовать влияние технологических параметров обработки ротационного резца для обработки поверхности вращения крупногабаритных деталей промышленного оборудования при раз-

личных параметрах.

Эффективность качества обрабатываемой поверхности оценивались по следующим параметрам: по величине площади среза $S_{\text{ср}}$ и по шероховатости R_a , определяемой по ГОСТ 2789-73. В качестве функций отклика на воздействие факторов [5, 6], определяющих процесс обработки цапфы мельниц, выбраны: передний угол γ , угол установки ω , угол поворота φ , радиус

режущей чашки резца r , которые отвечают ряду предъявляемых к функциям отклика требованиям: универсальности и возможности выражения в количественном виде одним полученным значением.

Результаты экспериментальных исследований обработки цапфы, имеющей форму усеченного конуса, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Варьируемые факторы				Значение функции отклика	
	$\gamma (x_1)$	$\omega (x_2)$	$\varphi (x_3)$	$r (x_4)$	$S_{\text{ср}}, \text{мм}^2$	$R_a, \text{мм}$
1	2	3	4	5	6	7
1	23	4	15	13	0,47	$3,02 \times 10^{-3}$
2	63	4	15	13	3,64	$3,03 \times 10^{-3}$
3	23	26	15	13	0,58	$3,11 \times 10^{-3}$
4	63	26	15	13	3,95	$3,12 \times 10^{-3}$
5	23	4	61	13	2,37	$4,64 \times 10^{-3}$
6	63	4	61	13	3,64	$4,67 \times 10^{-3}$
7	23	26	61	13	5,34	$4,72 \times 10^{-3}$
8	63	26	61	13	5,98	$4,78 \times 10^{-3}$
9	23	4	15	27	1,08	$0,95 \times 10^{-3}$
10	63	4	15	27	2,43	$0,98 \times 10^{-3}$
11	23	26	15	27	1,22	$1,02 \times 10^{-3}$
12	63	26	15	27	2,98	$1,05 \times 10^{-3}$
13	23	4	61	27	1,52	$2,50 \times 10^{-3}$
14	63	4	61	27	4,30	$2,53 \times 10^{-3}$
15	23	26	61	27	1,71	$2,58 \times 10^{-3}$
16	63	26	61	27	6,06	$2,63 \times 10^{-3}$
17	70	15	38	20	3,96	$2,35 \times 10^{-3}$
18	15	15	38	20	0,84	$1,86 \times 10^{-3}$
1	2	3	4	5	6	7
19	43	30	38	20	3,33	$2,14 \times 10^{-3}$
20	43	0	38	20	1,07	$2,03 \times 10^{-3}$
21	43	15	70	20	2,48	$3,72 \times 10^{-3}$
22	43	15	5	20	0,92	$1,91 \times 10^{-3}$
23	43	15	38	30	2,91	$1,32 \times 10^{-3}$
24	43	15	38	10	1,49	$4,71 \times 10^{-3}$
25	43	15	38	20	1,21	$2,23 \times 10^{-3}$

На основании полученных результатов были получены уравнения регрессии. Для величины площади среза:

$$S_{\text{ср}} = 0,088 + 0,05\gamma - 0,011\omega - 0,049\varphi - 0,032r + 0,00015\gamma^2 + 0,00041\omega^2 + 0,00015\varphi^2 + 0,00102r^2 - 0,000113\gamma\omega + 0,000115\gamma\varphi - 0,000286\gamma r - 0,00021\omega\varphi + 0,00058\omega r - 0,00012\varphi r.$$

Для шероховатости поверхности R_a :

$$R_a = 9,34 - 0,014\gamma - 0,019\omega - 0,176\varphi - 0,434r + 0,000525\gamma^2 + 0,00231\omega^2 + 0,00189\varphi^2 + 0,00878r^2 + 0,001727\gamma\omega + 0,000731\gamma\varphi - 0,002214\gamma r + 0,000769\omega\varphi - 0,004285\omega r + 0,001868\varphi r.$$

Произведем анализ влияния варьируемых параметров на площадь среза и шероховатость поверхности. Анализ двух уравнений регрессии $S_{\text{ср}}$ и R_a с четырьмя независимыми факторами является непростой задачей статистики. Поэто-

му для упрощения восприятия информации нами было решено исследовать парные воздействия параметров – передний угол γ , град.; угол установки ω , град.; угол поворота φ , град.; радиус режущей чашки резца r , мм.; на функции

цели: площадь среза S_{cp} , мм²; шероховатость поверхности R_a , мкм [7, 8].

На рис. 1 представлены зависимости площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от угла установки ω при переднем угле $\gamma=15^\circ, 23^\circ, 43^\circ, 63^\circ, 70^\circ$.

График площади среза $S_{cp} = f(\omega)$ показывает, что при увеличении угла установки ω по интервалу варьирования от 0° до 15° , площадь среза незначительно уменьшается, а от 15° до 30° площадь среза увеличивается до 5,6 мм² (при $\gamma=70^\circ$), при фиксированных значениях $\phi=38^\circ$,

$r=20$ мм, что свидетельствует о необходимости тщательного подбора варьируемых факторов оптимизации.

График шероховатости обрабатываемой поверхности $R_a = f(\omega)$ показывает прямую зависимость от угла установки: при увеличении угла установки – растет шероховатость. Ее минимальная величина – 0,64 мкм при $\gamma=15^\circ, \omega=0^\circ$, далее монотонно возрастает, достигая максимума в точке 5,08 мкм, при $\gamma=70^\circ, \omega=30^\circ$, что отрицательно влияет на качество поверхности.

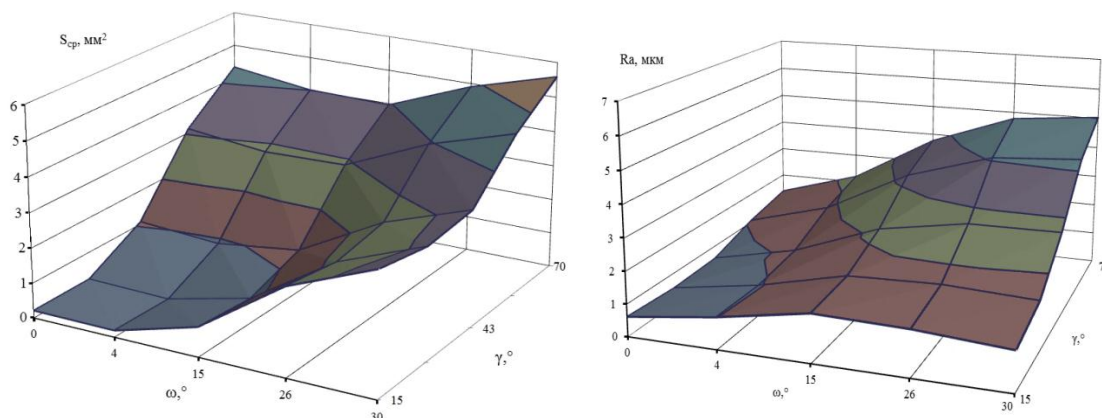


Рис. 1. Графики зависимости S_{cp} и R_a от угла установки ω при переднем угле $\gamma = 15^\circ, 23^\circ, 43^\circ, 63^\circ, 70^\circ$; $\phi = 38^\circ$; $r = 20$ мм

На рис. 2 представлены графики зависимости S_{cp} и R_a от угла поворота ϕ при радиусе режущей чашки $r=10; 13; 20; 27; 30$ мм. Из приведенных графиков следует, что при увеличении угла поворота ротационного резца с фиксированными значениями переднего угла резца

$\gamma=43^\circ$ и углом установки $\omega = 15^\circ$, площадь среза S_{cp} увеличивается с 1,06 до 2,97 мм². Следовательно, площадь среза прямолинейно зависит от угла поворота резца ϕ , что значительно влияет на точность обработки.

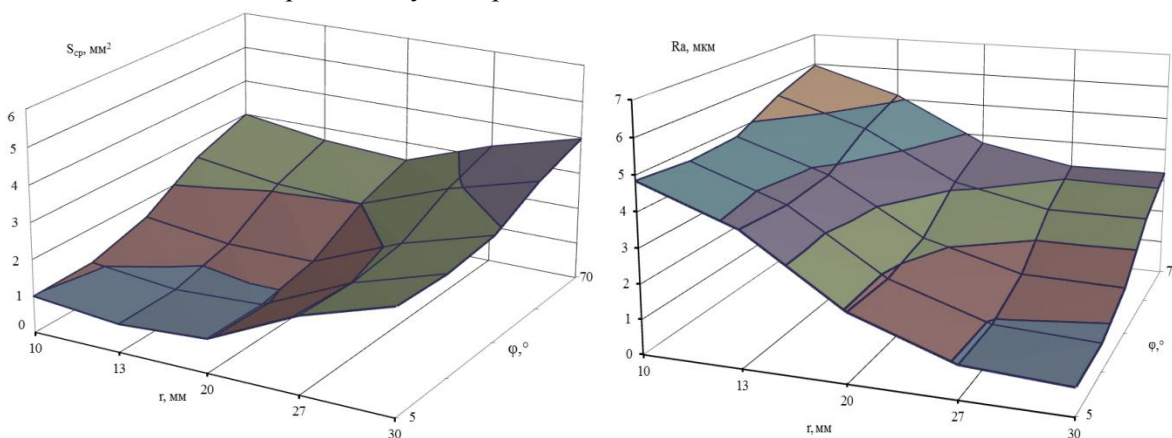


Рис. 2. Графики зависимости S_{cp} и R_a от угла поворота ϕ при радиусе режущей чашки $r = 10; 13; 20; 27; 30$ мм; $\gamma = 43^\circ, \omega = 15^\circ$

Зависимость шероховатости обрабатываемой поверхности $R_a = f(\phi, r)$ также показывает существенное влияние угла поворота резца. Здесь шероховатость R_a достигает своего максимума в точке 6 мкм. при радиусе $r=10$ мм, и параметрах $\gamma=43^\circ, \omega = 15^\circ$. При минимальном значении угла поворота резца ($\phi = 5^\circ$) и максимальном значении радиуса режущей чашки

($r=30$ мм) шероховатость достигает наименьшего значения в 0,7 мкм.

На рис. 3 представлены зависимости площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от угла поворота резца ϕ при переднем угле $\gamma=15^\circ, 23^\circ, 43^\circ, 63^\circ, 70^\circ$; при фиксированных значениях $\omega = 15^\circ, r = 20$ мм.

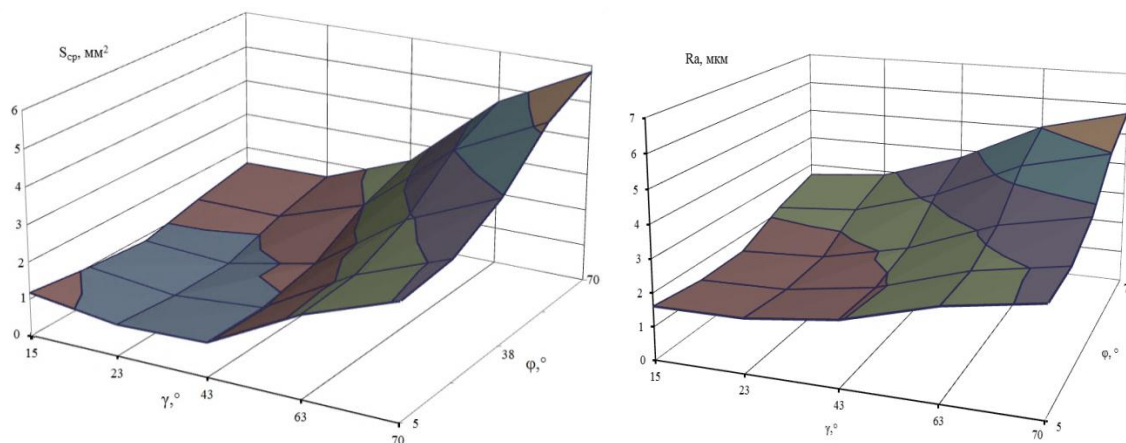


Рис. 3. Графики зависимости S_{cp} и R_a от угла поворота φ при переднем угле $\gamma = 15^\circ, 23^\circ, 43^\circ, 63^\circ, 70^\circ, \omega = 15^\circ, r = 20$ мм

Из приведенных графиков следует, что площадь среза $S_{cp} = f(\varphi, \gamma)$ при увеличении переднего угла резца по всему интервалу варьирования от 15° до 70° , при увеличении угла поворота резца φ до 70° , возрастает от 1,2 до 5,8 мм², при фиксированных значениях $\omega = 15^\circ, r = 10$ мм., что свидетельствует о существенном парном воздействии углов на изменение площади среза.

При этом наименьшее значение площадь среза принимает при минимально значении переднего угла $\gamma = 15^\circ$ и среднем значении угла поворота резца $\varphi = 38^\circ$.

Зависимость шероховатости $R_a = f(\varphi, \gamma)$ также показывает существенное влияние на ее значение величин угла поворота и переднего угла резца. Здесь минимальное значение шероховатости обработанной поверхности достигается при наименьших параметрах $\varphi = 5^\circ, \gamma = 15^\circ$. Это объясняется тем, что при увеличении данных углов происходит рост высоты неровностей, что снижает качество поверхности.

На рис. 4 представлены зависимости площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от переднего угла γ при радиусе режущей чашки $r = 10, 13, 20, 27, 30$ мм, при фиксированных значениях $\varphi = 38^\circ, \omega = 15^\circ$.

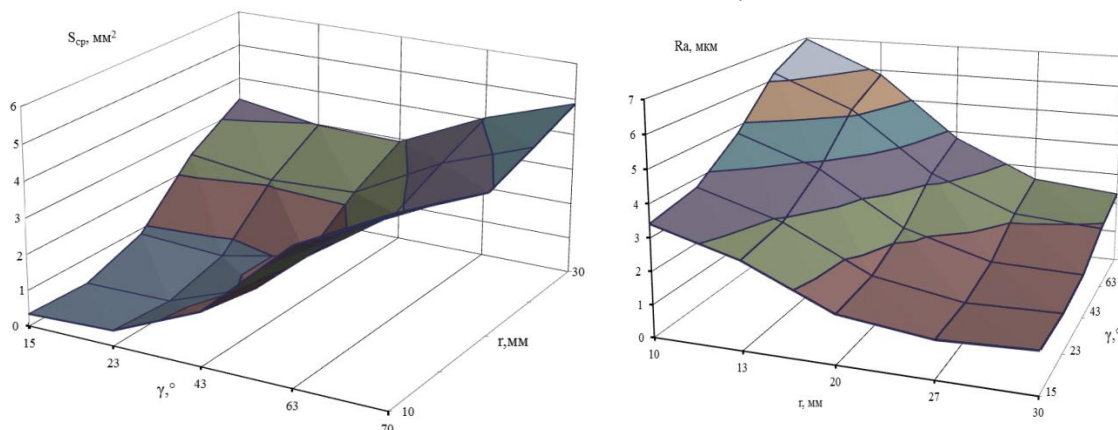


Рис. 4. Графики зависимости S_{cp} и R_a от переднего угла γ при радиусе режущей чашки $r = 10, 13, 20, 27, 30$ мм, $\varphi = 38^\circ, \omega = 15^\circ$

Из приведенных графиков следует, что площадь среза S_{cp} при увеличении радиуса режущей чашки достигает значения 3,4 мм², при $r = 30$ мм, а при увеличении переднего угла резца γ до 70° , площадь среза возрастает до 4,8 мм². Уменьшение углов приводит к уменьшению площади среза. Точность обработки при этом не страдает.

Функция $R_a = f(\gamma, r)$ показывает практически обратно пропорциональную зависимость от предыдущей. Здесь при увеличении радиуса режущей чашки, шероховатость уменьшается до

1,2 мкм, при $r = 30$ мм, а при увеличении переднего угла γ возрастает до 2,3 мкм. Наилучшее качество поверхности в данном случае будет достигаться при наибольшем значении радиуса режущей чашки и при минимальных значениях переднего угла резца.

Так как между двумя функциями существует обратная зависимость, оптимальные значения площади среза и шероховатости будут находиться в том диапазоне, где точность не повлияет на качество поверхности.

На рис. 5 представлены зависимости площади среза $S_{\text{ср}}$ и шероховатости поверхности R_a от угла установки ω при изменении угла поворота $\varphi = 5^\circ, 15^\circ, 38^\circ, 61^\circ, 70^\circ$. Из графика зависимости видно, что при увеличении углов уста-

новки ω и поворота φ , площадь среза $S_{\text{ср}}$ растет, максимальной точки она достигает при максимальных значениях углов: $\omega = 30^\circ$ и $\varphi = 70^\circ$, где $S_{\text{ср}} = 4,1 \text{ мм}^2$.

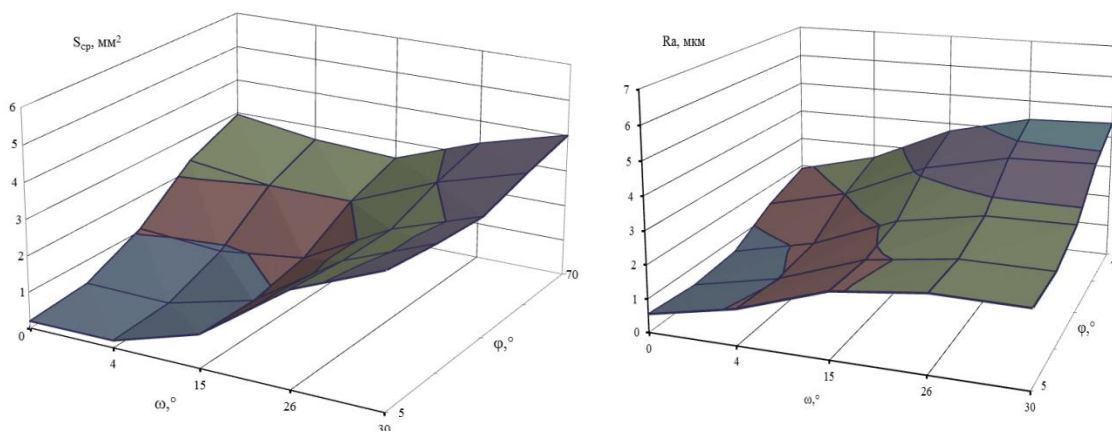


Рис. 5. Графики зависимости $S_{\text{ср}}$ и R_a от угла установки ω при изменении угла поворота $\varphi = 5^\circ, 15^\circ, 38^\circ, 61^\circ, 70^\circ$, $\gamma = 43^\circ$, $r = 20 \text{ мм}$

Как видно из графика, угол поворота φ значительно влияет на площадь среза при незначительном изменении угла установки ω , что подтверждает значимость этого фактора регрессионной модели.

Зависимость шероховатости R_a показывает существенное влияние на ее значение величин угла поворота и угла установки резца. При увеличении углов поворота и угла установки резца – качество поверхности ухудшается, т.к. увеличива-

ется шероховатость. Минимальное значение $R_a = 0,6 \text{ мкм}$ достигается при $\omega = 0^\circ$ и $\varphi = 5^\circ$.

Здесь функции $S_{\text{ср}} = f(\omega, \varphi)$ и $R_a = f(\omega, \varphi)$ прямолинейно зависят друг от друга, так как при наименьших величинах угла установки и угла поворота, площадь среза и шероховатость минимальны.

На рис. 6 представлены зависимости $S_{\text{ср}}$ и R_a от угла установки ω при изменении радиуса режущей чаши $r = 10, 13, 20, 27, 30 \text{ мм}$, при постоянных значениях $\varphi = 38^\circ$, $\gamma = 43^\circ$.

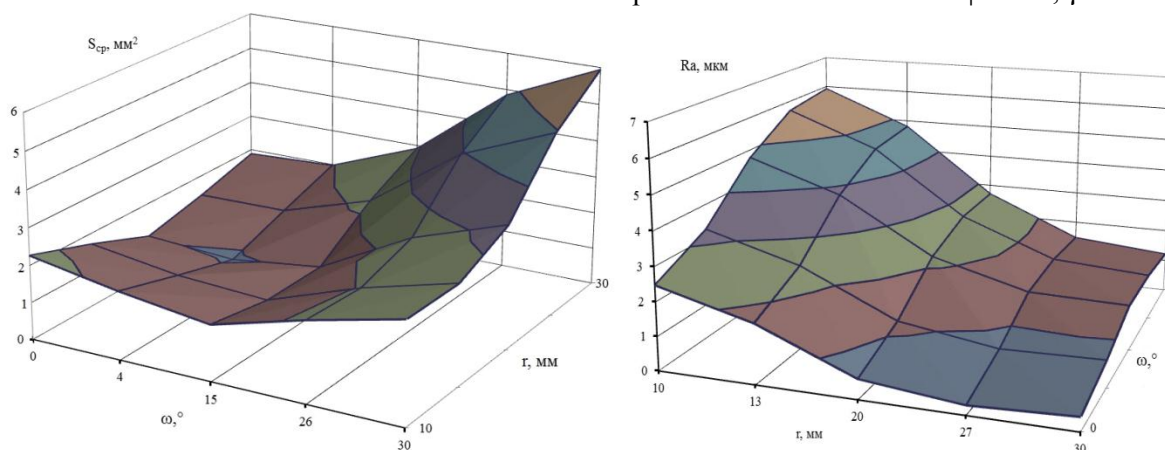


Рис. 6. Графики зависимости $S_{\text{ср}}$ и R_a от угла установки ω при изменении радиуса режущей чаши $r = 10, 13, 20, 27, 30 \text{ мм}$, $\varphi = 38^\circ$, $\gamma = 43^\circ$

Из приведенных графиков следует, что площадь среза при увеличении угла установки ω возрастает и достигает максимума, составляющего $5,9 \text{ мм}^2$ при радиусе режущей чаши $r = 30 \text{ мм}$. При этом площадь среза $S_{\text{ср}} = f(\omega)$ ведет себя неоднозначно при увеличении радиуса режущей чаши. Зависимость имеет нелинейный

характер, экстремум которого находится в точке $r = 20 \text{ мм}$, где площадь среза равна $1,2 \text{ мм}^2$.

Зависимость шероховатости R_a от радиуса режущей чаши обратная – при увеличении радиуса режущей чаши, шероховатость уменьшается с $2,48 \text{ мкм}$ до $0,4 \text{ мкм}$, а при увеличении

угла установки ω от 0° до 30° шероховатость увеличивается с 0,4 до 1,2 мкм.

Как видно из графиков, зависимость функций здесь обратная - шероховатость уменьшается при увеличении радиуса режущей чаши, а площадь среза наоборот увеличивается.

Выводы. Планирование экспериментов позволяет, используя минимальное число опытов, выбрать именно те условия, которые оптимизируют выходные параметры. При этом исследование влияния на обработку цапфы помольной мельницы, в первую очередь, наиболее существенных факторов, не усложняя и без того трудоемкий процесс постановки экспериментов и обработки экспериментальных данных. Проанализировав экспериментальные данные и все сказанное выше о парном влиянии исследуемых факторов на функции отклика, можно сделать вывод о существовании наиболее рационального сочетания варьируемых параметров, позволяющих получить более качественную поверхность с наименьшей шероховатостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Банит Ф.Г. Механическое оборудование цементных заводов: учебник для технику-

мов промышленности строительных материалов. М.: Машиностроение, 1975. 318 с.

2. Маркова О.В. Математическая модель оптимизации обработки цилиндрических поверхностей крупногабаритного вращающегося оборудования // «Труды Госнिति». 2015. Т. 119. С. 219–224.

3. Бестужева О.В., Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Дуганов В.Я. Искажения поверхности резания обрабатываемой детали в форме усеченного конуса при ротационной обработке // Технология Машиностроения. 2016. № 4. С. 9–11.

4. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики). М.: Металлургия. 1978. 112 с.

5. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. М.: Радио и связь, 1983. 248 с.

6. Ерицков С.М., Жиглявский А. А. Математическая теория оптимального эксперимента: учебное пособие. М.: Наука, 1987. 320 с.

7. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М.: Статистика, 1974. 192 с.

8. Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука, 1976. 330 с.

Bestuzheva O. V., Fedorenko M. A., Bondarenko Yu. A. EXPERIMENTAL STUDY OF THE RECOVERY OF A SURFACE OF REVOLUTION OF LARGE PARTS OF INDUSTRIAL EQUIPMENT

In various industries for production of cement, lime, gypsum, ceramic products for grinding hard materials and are used rotary dryer kiln, ball tube mills and a variety of large rotating equipment. One of the main factor enhancing the performance of this equipment is its reliability depends on the quality installation work, timely repair and maintenance. To study the processing of large parts of industrial equipment designed and manufactured experimental setup that will allow you to restore the performance of units in operation. With the aim of assessing the efficiency of the proposed method of recovery of a surface of revolution large parts of the industrial equipment requires experimental investigations. In the course of the experiment it is necessary to investigate the influence of the machining parameters of rotary cutter for processing a surface of rotation of large parts of industrial equipment for various parameters. The solution to these questions will determine the proper design and preferred process parameters for maximum processing efficiency.

Key words: large rotating equipment, restoring health, a pilot study, the influence of the varied parameters.

Бестужева Ольга Васильевна, соискатель кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: bestuzheva.o@yandex.ru

Федоренко Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Юлия Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бойко А.Ф., д-р техн. наук, доц.,
Лойко А.М., аспирант,
Шестаков А.И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ ПРОДУКТОВ ОБРАБОТКИ ПРИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРОШИВКЕ МИКРООТВЕРСТИЙ

lam.bel@mail.ru

В статье изложены результаты исследований процесса естественной эвакуации продуктов обработки из межэлектродного промежутка при электроэрозионной прошивке микроотверстий. Исследованиями установлено, что в основе процесса естественной эвакуации продуктов эрозии из межэлектродного промежутка лежат обусловленные электрическим разрядом два встречно-параллельных потока: восходящий эвакуирующий, насыщенный парогазовыми пузырями, и нисходящий поток обновления, являющийся следствием первого потока. В результате исследований были получены математические модели, показывающие, что интенсивность самоэвакуации повышается с увеличением насыщенности эвакуирующего потока пузырями.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, микроотверстия, продукты эрозии, эвакуирующий поток, самоэвакуация.

Введение. Производительность процесса электроэрозионной прошивки микроотверстий при неизменных условиях обработки напрямую зависит от интенсивности эвакуации продуктов эрозии из межэлектродного промежутка. Интенсивность эвакуации твердых, жидких и газообразных продуктов эрозии, в свою очередь, определяется движением рабочей жидкости в рабочей зоне и связанным с ним процессом обновления ее состава. Так как при прошивке микроотверстий организовать прокачку рабочей жидкости через промежуток невозможно, то эвакуация осуществляется естественным путем, в основе которого лежит электрический разряд. После каждого разряда образуется газовый пузырь, кроме того, при локальном нагреве поверхности электрода и гашении в жидкости горячих частиц факелов образуются паровые пузырьки. При прошивке микроотверстий после электрического разряда по торцу проволоочного инструмента парогазовые пузыри практически сразу попадают в вертикальный боковой межэлектродный зазор, где поднимаются вверх подъемной архимедовой силой. При этом движущиеся вверх парогазовые пузырьки увлекают с собой рабочую жидкость и продукты эрозии, создавая поток. Так как твердые продукты в исследуемом процессе представляют собой микрочастицы размером от нескольких микрометров до нескольких нанометров, то в основе механизма их вывода из промежутка лежит флотационный способ, когда микрочастицы захватываются стенкой газового пузыря [1, 2].

Механизм эвакуации продуктов эрозии газогидродинамическим потоком рассматривается во многих работах [3–9]. Однако четкого механизма взаимодействия процессов эвакуации

продуктов эрозии и обновления рабочей жидкости в межэлектродном промежутке в условиях естественной эвакуации не дается.

Методология. Эксперимент был выполнен на электроэрозионном станке 04ЭП-10М. При проведении эксперимента в качестве обрабатываемого материала использовалась хромоникелевая сталь 12Х18Н10Т, в качестве электрода-инструмента – вольфрамовая проволока.

Основная часть. При наблюдении за процессом электроэрозионной прошивки микроотверстий можно заметить, что парогазовые пузырьки за время цикла обработки одного отверстия выходят в одном и том же месте кольцевого бокового зазора. При проведении анализа этого явления были установлены два возможных базовых варианта условий, определяющих место выхода пузырьков из рабочей зоны (рис. 1).

В варианте «а» электрод-инструмент установлен с перекосом относительно направления его подачи S . В этом случае отверстие получается овальным, а с одной стороны его образуется клиновидный карман K , через который удаляются пузырьки. Именно этот путь их движения является наименее энергозатратным. В варианте «б» ось электрода инструмента параллельна направлению подачи S , но имеется наклон оси прошивочной головки относительно горизонтальной плоскости. В этом случае наименее энергозатратным является путь движения пузырьков, указанный на рис. 1, б. Оба варианта были исследованы экспериментально. Установлено, что на практике при самоорганизации движения пузырьков в кольцевом боковом зазоре встречаются оба варианта в комплексе, так как идеальных положений осей электрода-инструмента и прошивочной головки не бывает.

При исследовании процесса естественной эвакуации продуктов эрозии было установлено, что физической основой механизма эвакуации

является наличие в межэлектродном промежутке двух основных встречно параллельных вертикальных потоков *А* и *Б* (рис. 2).

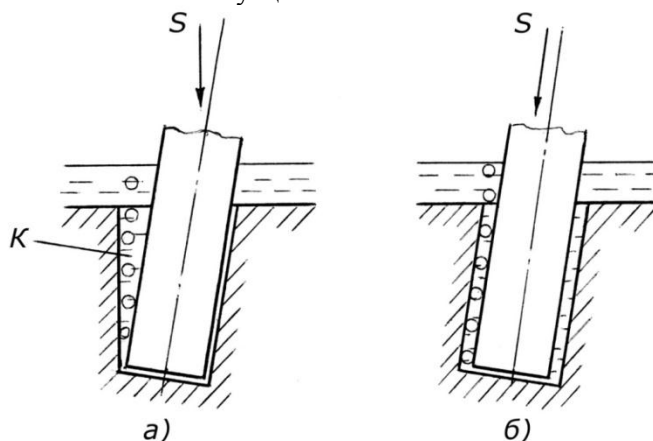


Рис. 1. Схемы вариантов условий, определяющих место выхода пузырьков из рабочей зоны

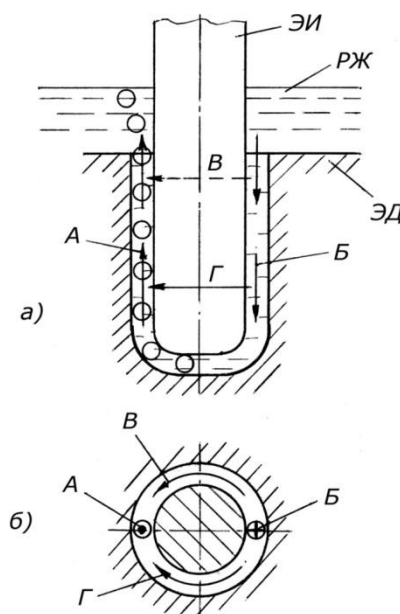


Рис. 2. Схема газогидродинамических потоков в межэлектродном промежутке при электроэрозионной прошивке микроотверстий: а – вертикальный осевой разрез рабочей зоны; б – поперечный разрез; ЭИ – электрод-инструмент; РЖ – рабочая жидкость; ЭД – электрод-деталь

Поток *А* – эвакуирующий поток движущихся вверх пузырьков, влекомой ими жидкости и продуктов эрозии. Генератором этого потока является электрический разряд, порождающий парогазовые пузырьки, которые затем поднимаются вверх архимедовой силой, увлекая жидкость и унося с собой флотационным способом налипшие к пузырькам микрочастицы. Поток *Б* является следствием потока *А*, так как последний при движении создает эффект эжекции в прилегающих зонах, и через поперечные кольцевые потоки *В* и *Г* в диаметрально противоположной части бокового кольцевого зазора создается разрежение, которое и вызывает засасывание жидкости с верхних слоев над отверстием в

боковой зазор. Так как, эффект эжекции присутствует на всей глубине обрабатываемого отверстия, то в правой части бокового зазора формируется вертикальный ниспадающий поток *Б*, представляющий собой поток обновления рабочей жидкости в межэлектродном промежутке. Исходя из принципа неразрывности этих двух взаимосвязанных потоков, а так же учитывая тот факт, что изначально, с момента зарождения эвакуационного потока *А* в зоне разряда в него эжектируются пузырьки, среднеинтегральная плотность потоков будет различна: поток *А* с пузырьками, поток *Б* – без пузырьков. Естественно будут различны и их скорости. Тогда, с учетом равенства гидростатического давления и

неразрывности обоих потоков, уравнение Бернулли [10] будет иметь вид:

$$P_3 + \frac{1}{2}\rho_3 \cdot v_3^2 = P_{06} + \frac{1}{2}\rho_{06} \cdot v_{06}^2, \quad (1)$$

где P_3 и P_{06} – статические давления соответственно эвакуационного и обновляющего потоков; ρ_3 и ρ_{06} – плотности потоков; v_3 и v_{06} – скорости потоков.

Таким образом, при прохождении потока обновления B через рабочую зону из-за появления пузырьков в месте разряда скачком увеличивается общий объем потока. При этом он превращается из гидравлического потока обновления в парогидравлический эвакуирующий поток A . Также скачком изменяется мгновенное значение объемного расхода потока: $V_3 > V_{06}$ или $m_3/\rho_3 > m_{06}/\rho_{06}$, где $m_3 = m_{06}$ – мгновенные значения массовых расходов потоков (общая масса m , состоящая из жидкой и парогидравлической фазы, остается равной m_{06} , состоящей только из жидкой фазы). Тогда очевидно $\rho_3 \ll \rho_{06}$. Чтобы не нарушать непрерывности и стационарности двух потоков с различными объемными расходами, очевидно должно быть $v_3 \gg v_{06}$. Тогда из (1) получаем:

$$P_{06} - P_3 = \Delta P = \frac{1}{2}(\rho_3 \cdot v_3^2 - \rho_{06} \cdot v_{06}^2), \quad (2)$$

Разность ΔP статических давлений в потоках A и B обуславливает поперечные кольцевые потоки B и Γ и, следовательно, постоянное поддержание разряжения в зоне потока B и, следовательно, самого потока обновления рабочей жидкости.

Из (2) видно, что эффективность эжекции выше с увеличением значения выражения, заключенного в скобки и представляющего собой разность динамических давлений в потоках. Обозначим отношение мгновенных значений объемных расходов в потоках через коэффициент k :

$$k = \frac{V_3}{V_{06}} = \frac{m_3/\rho_3}{m_{06}/\rho_{06}} = \frac{\rho_{06}}{\rho_3}, \quad (3)$$

Видно, что коэффициент k характеризует степень насыщенности эвакуирующего потока пузырьками. С другой стороны

$$V_3 = v_3 \cdot F_3; V_{06} = v_{06} \cdot F_{06}, \quad (4)$$

где $F_3 \approx F_{06}$ – площади поперечных сечений потоков. Тогда

$$\frac{V_3}{V_{06}} = \frac{v_3}{v_{06}} = k. \quad (5)$$

Заменим в (2) $\rho_3 = \rho_{06}/k$ и $v_3 = k \cdot v_{06}$, получим:

$$\Delta P = \frac{1}{2}\rho_{06} \cdot v_{06}^2 \cdot (k - 1). \quad (6)$$

Видно, что эффект эжекции тем выше, чем больше коэффициент k , т.е., чем меньше среднеинтегральная плотность эвакуирующего потока и чем больше его насыщенность парогидравлическими пузырьками. А этот показатель зависит от

состава и свойств рабочей жидкости, а также от параметров импульсов тока.

Выводы:

Таким образом, в основе физики процесса естественной эвакуации продуктов эрозии из промежутка лежат обусловленные электрическим разрядом два встречно-параллельных вертикальных потока: парогидравлический, эвакуирующий поток, генерированный поднимающимися за счёт архимедовой силы пузырьками, и поток обновления, являющийся следствием первого потока, диаметрально расположенный по отношению к нему и находящийся в зоне разряжения относительно наружных слоёв рабочей жидкости. Оба потока существенно отличаются мгновенными значениями объемного расхода, что и предопределяет различие в скоростях потоков и возникновение эффекта эжекции и второго потока – потока обновления. Эффективность и интенсивность самоэвакуации повышается с увеличением насыщенности эвакуирующего потока парогидравлическими пузырьками, что следует учитывать при выборе рабочей жидкости и режимов обработки.

Разработанная новая теория механизма естественной эвакуации продуктов эрозии и обновления рабочей жидкости в промежутке нашла качественное подтверждение в эксперименте с увеличенной натурной моделью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотационные методы обогащения: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1981. 436 с.
2. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. М.: Недра, 1973. 365 с.
3. Артамонов Б.А. и др. Размерная электрическая обработка металлов. М.: Высшая школа, 1978. 336 с.
4. Золотых Б.Н., Любченко Б.М. Инженерные методы расчета технологических параметров электроэрозионной обработки. М.: Машиностроение, 1981. 86 с.
5. Золотых Б.Н., Мельдер Р.Р. Физические основы электроэрозионной обработки. М.: Машиностроение, 1977. 44 с.
6. Лившиц А.Л., Рош А. Электроэрозионная обработка. М.: НИИмаш, 1980. 224 с.
7. Немилев Е.Ф. Электроэрозионная обработка металлов. Л.: Машиностроение, 1989. 160 с.
8. Погонин А.А., Бойко А.Ф., Домашенко Б.В., Схиртладзе А.Г. Совершенствование технологии процесса электроэрозионной обработки микроотверстий // Электрика. 2010. №9. С. 19–21.
9. Фатеев Н.К. Технология электроэрозион-

ной обработки. М.: Машиностроение, 1980. 184 с.

10. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Академия, 2007. 719 с.

Boyko A.F., Loyko A.M., Shestakov A.I.

FEATURES OF PROCESS OF NATURAL EVACUATION OF PRODUCTS OF EROSION IN CASE OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF MICROOPENINGS

Results of researches of process of natural evacuation of products of an erosion of an interelectrode interval in case of an electrical discharge machining of microopenings are published in article. By researches it is established that two flows are the cornerstone of process of natural evacuation of products of an erosion of an interelectrode interval: the ascending evacuating flow saturated with steam-gas bubbles, and the descending updating flow being a consequence of the first flow. As a result of researches the mathematical models showing that intensity of self-evacuation increases with increase in a saturation of the evacuating flow bubbles were received.

Key words: *electrical discharge machining, microopenings, erosion products, evacuating flow, self-evacuation.*

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

Шестаков Алексей Игоревич, аспирант кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.12737/22254

Рязанов Ю.Д., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УМЕНЬШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЛИШНИХ ПЕРЕХОДОВ И СОСТОЯНИЙ В РАСПОЗНАВАТЕЛЯХ С МАГАЗИННОЙ ПАМЯТЬЮ

Ryazanov.iurij@yandex.ru

В статье рассматривается задача сокращения количества состояний распознавателя с магазинной памятью за счет исключения лишних переходов, которые никогда не срабатывают, и исключения лишних состояний, в которых не может оказаться распознаватель в процессе обработки допустимой цепочки. Предлагается алгоритм поиска лишних переходов и состояний, основанный на представлении распознавателя в виде графа. Приводится пример распознавателя, в котором предложенный алгоритм устраняет лишние переходы и состояния. Этот алгоритм не гарантирует исключения всех лишних переходов и состояний. Приводится пример распознавателя с лишними переходами и состояниями, которые не обнаруживаются алгоритмом. Предложенный алгоритм может быть использован при разработке программ обработки формальных языков.

Ключевые слова: контекстно-свободный язык, распознаватель с магазинной памятью, состояние, переход, эквивалентные преобразования.

Введение. Задача распознавания языка заключается в определении принадлежности заданной цепочки заданному языку. Для распознавания контекстно-свободных языков используются распознаватели с магазинной памятью (МП-распознаватели) [1–6]. В работе рассматривается один из классов МП-распознавателей с конечным множеством состояний. В процессе обработки входной цепочки МП-распознаватель переходит из одного состояния в другое и выполняет связанные с этим переходом действия. В множестве переходов МП-распознавателя можно выделить лишние переходы, которые никогда не срабатывают, а в множестве состояний – лишние состояния, в которых не может оказаться МП-распознаватель в процессе обработки допустимой цепочки. Такие переходы и состояния нужно исключать из МП-распознавателя. В работе предлагается алгоритм поиска и исключения лишних переходов и состояний, основанный на представлении МП-распознавателя в виде графа [6–9].

Решение задачи исключения лишних состояний в конечных распознавателях известно [10] и основано на применении алгоритмов поиска в графе распознавателя. Для МП-распознавателей такой подход также применим, но только в случае, когда в МП-распознавателе нет лишних переходов. Поэтому основное внимание в работе уделено поиску лишних переходов.

Определение распознавателя с магазинной памятью и конечным множеством состо-

яний. В работе будем рассматривать класс МП-распознавателей [11, 12], которые можно построить по диаграммам Вирта [11] или синтаксическим диаграммам с многовходовыми компонентами [13]. МП-распознаватель из этого класса формально можно представить следующим образом:

$$M = (Q, X, \Gamma, I, S, P, W, \delta, \lambda, q_0, q, \gamma_0),$$

где Q – конечное множество состояний, $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_m, q\}$;

X – конечное множество входных символов, включающее концевой маркер $\dagger$, которым заканчивается входная цепочка;

$\Gamma = Q \cup \{\nabla\}$ – конечное множество магазинных символов (равно множеству состояний, дополненному маркером дна магазина ∇);

I – конечное множество операций над головкой, $I = (\text{сдвиг}, \text{держать})$. Операция *сдвиг* перемещает головку на одну позицию вправо, а *держать* – не изменяет положения головки;

S – конечное множество операций над состоянием, $S = \{\text{cost}(q_0), \text{cost}(q_1), \dots, \text{cost}(q_m)\}$. Операция $\text{cost}(q_i)$ обозначает переход в состояние q_i ;

P – множество операций над магазином, $P = \{\text{втолк}(q_0), \text{втолк}(q_1), \dots, \text{втолк}(q_m), \text{вытолк}, \text{не изменять}\}$.

W – конечное множество значений выхода, $W = \{\text{допустить}, \text{отвергнуть}\}$;

q_0 – начальное состояние, $q_0 \in Q$;

q – допускающее состояние, $q \in Q$;

γ_0 – начальное содержимое магазина, $\gamma_0 = \nabla q$ (магазин содержит маркер дна и допускающее состояние);

$\delta : Q \times X \times \Gamma \rightarrow I \times S \times P$ – частичная функция переходов, которая состоянию, символу входной цепочки (находящемуся под головкой) и верхнему символу магазина ставит в соответствие операцию над головкой, состоянием и магазином, причем множество видов значений на тройке (q_m, x, q_s) равно $\{(\text{сдвиг}, \text{сост}(q_n), \text{не изменять}), (\text{держат}, \text{сост}(q_n), \text{втолк}(q_r)), (\text{держат}, \text{сост}(q_s), \text{вытолк})\}$. Если значение функции на тройке (q_m, x, q_s) равно $(\text{сдвиг}, \text{сост}(q_n), \text{не изменять})$, то такой переход будем обозначать $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$, если значение функции на этой тройке равно $(\text{держат}, \text{сост}(q_n), \text{втолк}(q_r))$, то переход обозначим $(q_m, (x, \downarrow(q_r)), q_n)$, если же значение на этой тройке равно $(\text{держат}, \text{сост}(q_s), \text{вытолк})$, то переход обозначим $(q_m, (q_s, \uparrow), q_s)$.

$\lambda : Q \times X \times \Gamma \rightarrow W$ – частичная функция выходов, которая состоянию, символу входной цепочки (находящемуся под головкой) и верхнему символу магазина ставит в соответствие значение выхода – *допустить* или *отвергнуть*. Значение функции на тройке $(q, \uparrow, \nabla)$ равно *допустить*, а на всех остальных, на которых функция определена – *отвергнуть*.

Области определения функций δ и λ не пересекаются, а их объединение равно области отправления.

Тройка $(q_m, \alpha, \nabla \gamma)$, где q_m – состояние, α – часть входной цепочки, начиная с символа под головкой и заканчивая концевым маркером, γ – содержимое магазина, называется конфигурацией МП-распознавателя. Исходной конфигурацией является $(q_0, \alpha_0, \nabla q)$, где α_0 – вся входная цепочка (головка находится над первым символом).

Пусть конфигурацией МП-распознавателя является тройка $(q_m, \alpha, \nabla \gamma q_s)$, где x – символ под головкой, q_s – верхний символ магазина. Если на тройке (q_m, x, q_s) определена функция переходов δ , то ее значение определяет операции над головкой, состоянием и магазином. При выполнении этих операций конфигурация изменяется. Если на тройке (q_m, x, q_s) определена функция выходов λ , то процесс распознавания заканчивается с результатом, равным значению функции λ . Такую конфигурацию назовем заключительной. Итак, работа МП-распознавателя заключается в изменении конфигураций. Последней является заключительная конфигурация, в которой определяется результат распознавания.

МП-распознаватель можно представить в виде взвешенного ориентированного мультиграфа, вершины которого соответствуют состояниям, а дуги – переходам. Начальное состояние будем показывать неотмеченной стрелкой, а допускающее состояние – жирным кружком. Переходу $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ соответствует дуга из вершины q_m в вершину q_n , отмеченная меткой $(x, \rightarrow)$, переходу $(q_m, (x, \downarrow(q_r)), q_n)$ – дуга из вершины q_m в вершину q_n , отмеченная меткой $(x, \downarrow(q_r))$, а переходу $(q_m, (q_s, \uparrow), q_s)$ – дуга из вершины q_m в вершину q_s , отмеченная меткой $(q_s, \uparrow)$. На рис. 1 приведен пример графа МП-распознавателя.

Лишние переходы и состояния. В МП-распознавателе могут существовать лишние переходы и состояния. Переход лишний, если не существует входной цепочки, при обработке которой этот переход срабатывает. В множестве лишних переходов можно выделить два класса:

1) переход $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ или $(q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)$ принадлежит первому классу, если не существует входной цепочки, при обработке которой МП-распознаватель будет находиться в состоянии q_m и анализировать символ x ;

2) переход $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$ принадлежит второму классу, если не существует входной цепочки, при обработке которой МП-распознаватель будет находиться в состоянии q_m и вверху магазина будет q_n .

В множестве лишних состояний можно выделить два подмножества: недостижимые и избыточные.

Состояние q_m принадлежит подмножеству недостижимых, если не существует входной цепочки, при обработке которой МП-распознаватель окажется в состоянии q_m .

Состояние q_m принадлежит подмножеству избыточных, если из состояния q_m МП-распознаватель не при каких условиях не может перейти в допускающее состояние.

Исключение лишних переходов может привести к появлению лишних состояний. В графе МП-распознавателя лишние состояния удаляются вместе с входящими и выходящими дугами.

Алгоритм уменьшения количества лишних переходов и состояний. Для решения задачи уменьшения количества лишних переходов и состояний определим переход как подозреваемый, если есть вероятность, что он лишний.

Любой переход вида $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$ считаем подозреваемым, так как для его срабатывания в магазине должен быть символ q_n , но если символа q_n не может быть в магазине, когда МП-распознаватель находится в состоянии q_m , то этот переход лишний.

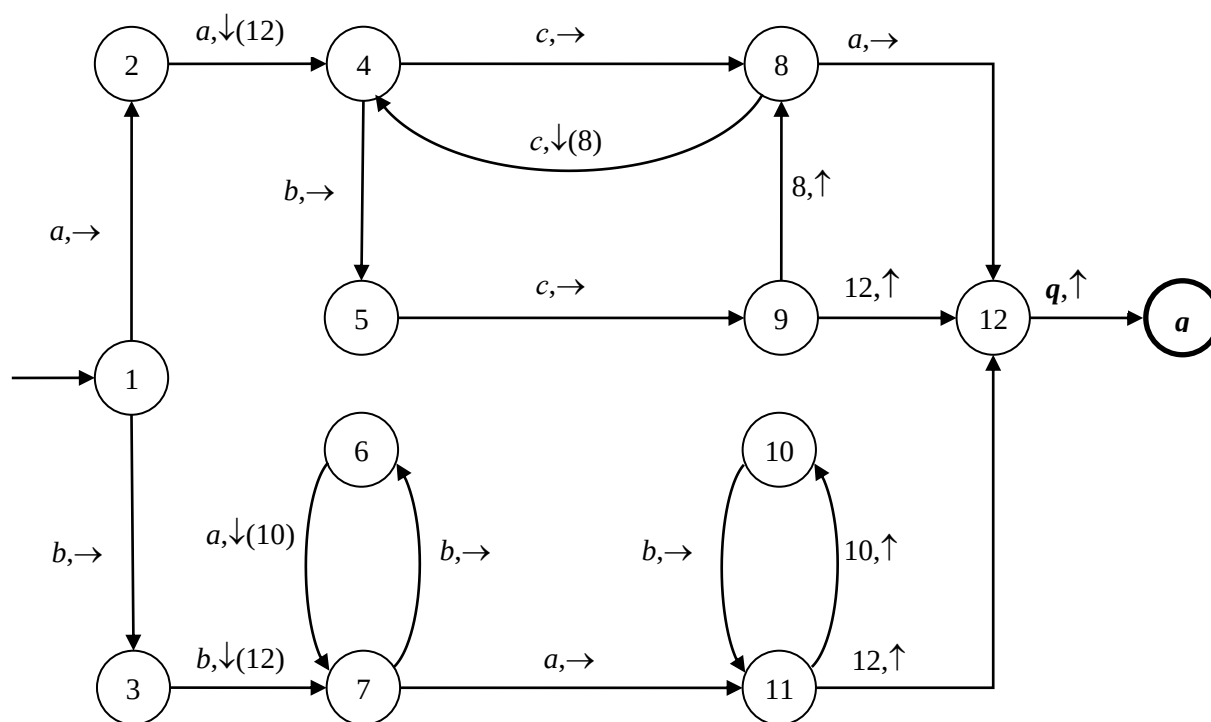


Рис. 1. Граф МП-распознавателя

Переход вида $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ или $(q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)$ считаем подозреваемым, если не существует перехода в состояние q_m с выполнением операции *сдвиг*. Если на переходе в состояние q_m выполняется *сдвиг*, то следующим символом, анализируемым в состоянии q_m , может быть любой символ алфавита, в том числе и символ x , и переход сработает.

Идея алгоритма исключения лишних переходов заключается в следующем. Подозреваемые переходы исключаем из МП-распознавателя и сохраняем в некотором множестве. Затем, если подозрение для некоторого перехода опровергается, переход возвращается в МП-распознаватель.

Исключенный переход вида $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ или $(q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)$ возвращается в МП-распознаватель, если в графе распознавателя существует путь от начальной вершины до q_m и существует цепочка α , при обработке которой срабатывают переходы, соответствующие этому пути, и, при достижении состояния q_m текущим символом в цепочке α будет символ x .

Исключенный переход вида $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$ возвращается в МП-распознаватель, если в графе распознавателя существует путь от начальной вершины до q_m и на этом пути есть переход $(q_s, (x, \downarrow(q_n)), q_r)$, который вталкивает в магазин символ q_n , необходимый для срабатывания перехода $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$.

Возвращение некоторых переходов может сделать истинными условия для возвращения

других переходов, поэтому выполнение алгоритма продолжается, пока возвращаются удаленные переходы в МП-распознаватель.

В алгоритме будем использовать:

- 1) множество X — входной алфавит МП-распознавателя;
- 2) для каждого состояния q_m множество $M(q_m)$, в котором будут накапливаться символы входного алфавита, которые могут быть текущими в обрабатываемой цепочке, когда МП-распознаватель находится в состоянии q_m ;
- 3) множество M_1 состояний, из которых существуют переходы с выталкиванием магазинного символа;
- 4) множество M_2 состояний, из которых существуют переходы с вталкиванием символа в магазин;
- 5) отношение E , элементы которого соответствуют переходам МП-распознавателя;
- 6) отношение E^T , представляющее собой транзитивное замыкание отношения E ;
- 7) множество D , в котором сохраняются исключенные из МП-распознавателя переходы.

В п.1 алгоритма (см. ниже) выполняется инициализация множеств и исключение подозреваемых переходов, в п.2 — возвращение подозреваемых переходов, для которых подозрение опровержено, в п.3 — исключение лишних состояний.

Поиск лишних состояний выполняется по отношению E^T . Если $(q_0, q_m) \notin E^T$, то состояние q_m

недостижимо, а если $(q_m, q) \notin E^T$, то состояние q_m избыточно.

Алгоритм исключения лишних состояний.

1. Для каждого состояния q_m МП-распознавателя выполнить: $M(q_m) := \emptyset$.

Для начального состояния q_0 выполнить:
 $M(q_0) := X$.

Для всех переходов вида $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ выполнить: $M(q_n) := X$.

Сформировать множество $M_1 = \{q_m \mid \text{существует переход } (q_m, (q_n, \uparrow), q_n)\}$.

Сформировать множество $M_2 = \{q_m \mid \text{существует переход } (q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)\}$.

Все переходы вида $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$ исключить из МП-распознавателя и сохранить в множестве D .

Переход вида $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ исключить из МП-распознавателя и сохранить в множестве D , если $x \notin M(q_m)$.

Переход вида $(q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)$ исключить из МП-распознавателя и сохранить в множестве D , если $x \notin M(q_m)$.

Сформировать отношение $E = \{(q_m, q_n) \mid \text{существует переход } (q_m, (x, \rightarrow), q_n) \text{ или } (q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)\}$.

2. Вычислить E^T .

Для всех q_m и q_n выполнить:

если $(q_0, q_m) \in E^T$ и существует переход $(q_m, (x, \downarrow(q_s)), q_n)$,
то $M(q_n) := M(q_n) \cup \{x\}$.

Повторять

Для всех q_m и q_n выполнить:

если $(q_0, q_m) \in E^T$ и существует переход $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$,
то $M(q_n) := M(q_n) \cup M(q_m)$

пока множества M изменяются.

Для всех q_m и q_n выполнить:

если $(q_0, q_m) \in E^T$ и $(q_m, (x, \rightarrow), q_n) \in D$ и $x \in M(q_m)$,

то переход $(q_m, (x, \rightarrow), q_n)$ исключить из D и включить в МП-распознаватель, пару (q_m, q_n) включить в отношение E .

Для всех $q_r, q_m \in M_1, q_s \in M_2$ выполнить:

если $(q_0, q_s) \in E^T$ и существует переход $(q_s, (x, \downarrow(q_n)), q_r)$ и $(q_r, q_m) \in E^T$ и $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n) \in D$, то переход $(q_m, (q_n, \uparrow), q_n)$ исключить из D и включить в МП-распознаватель, пару (q_m, q_n) включить в отношение E .

Если E изменилось, выполнить п.2.

3. Для всех q_m и q_n выполнить:

если $(q_0, q_m) \notin E^T$, или $(q_m, q) \notin E^T$,
то состояние q_m удалить.

Пример. Рассмотрим выполнение алгоритма на примере МП-распознавателя, представленного графом на рис. 1.

После выполнения п.1 алгоритма получим МП-распознаватель, представленный графом на рис. 2, после выполнения п.2 – на рис. 3, а после выполнения п.3 – на рис. 4.

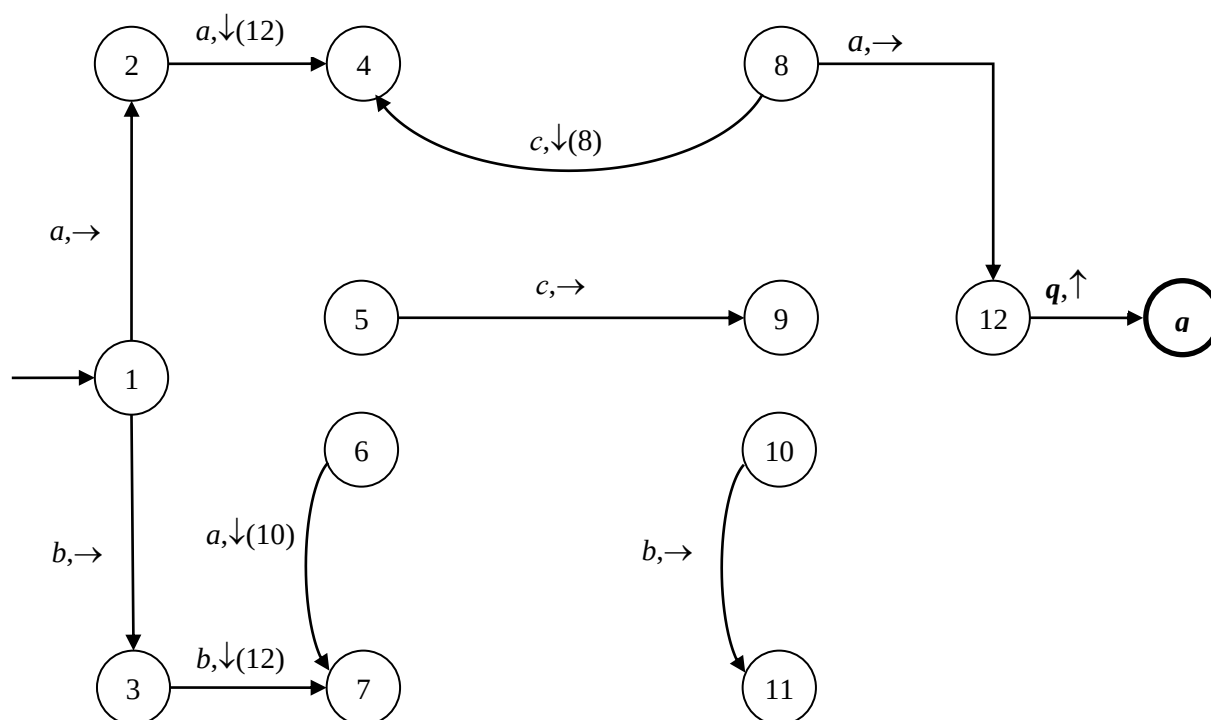


Рис. 2. Граф МП-распознавателя после выполнения п.1 алгоритма

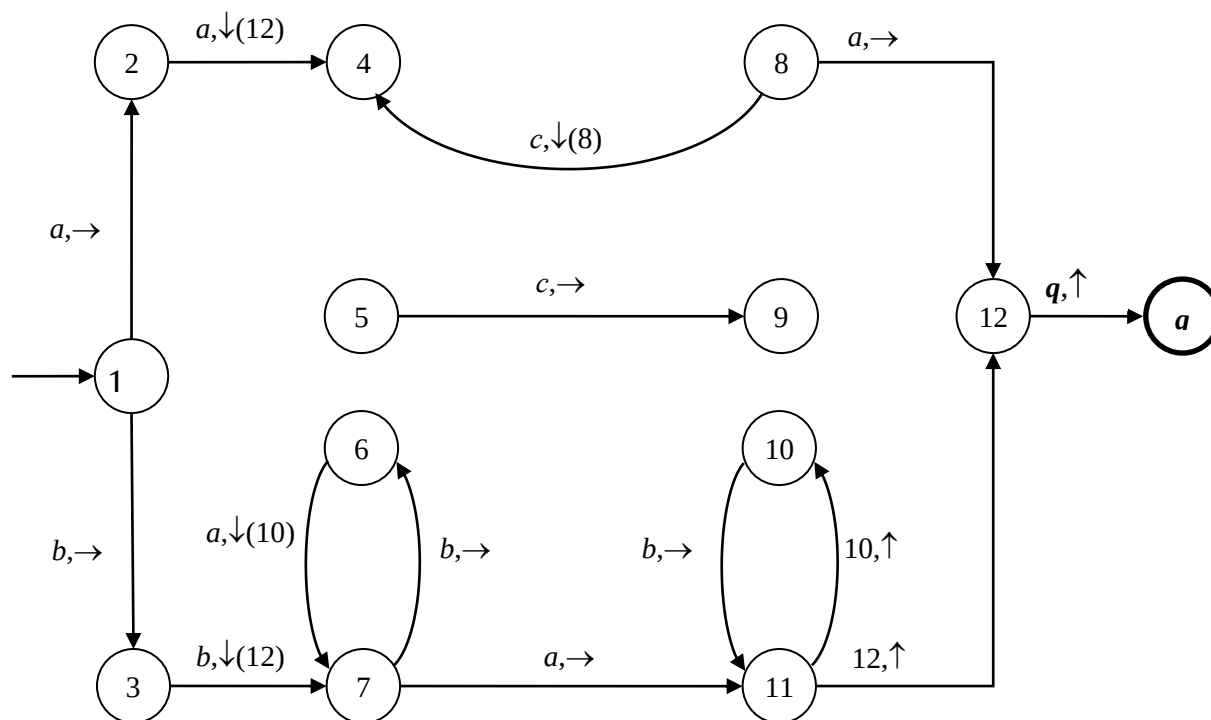


Рис. 3. Граф МП-распознавателя после выполнения п.2 алгоритма

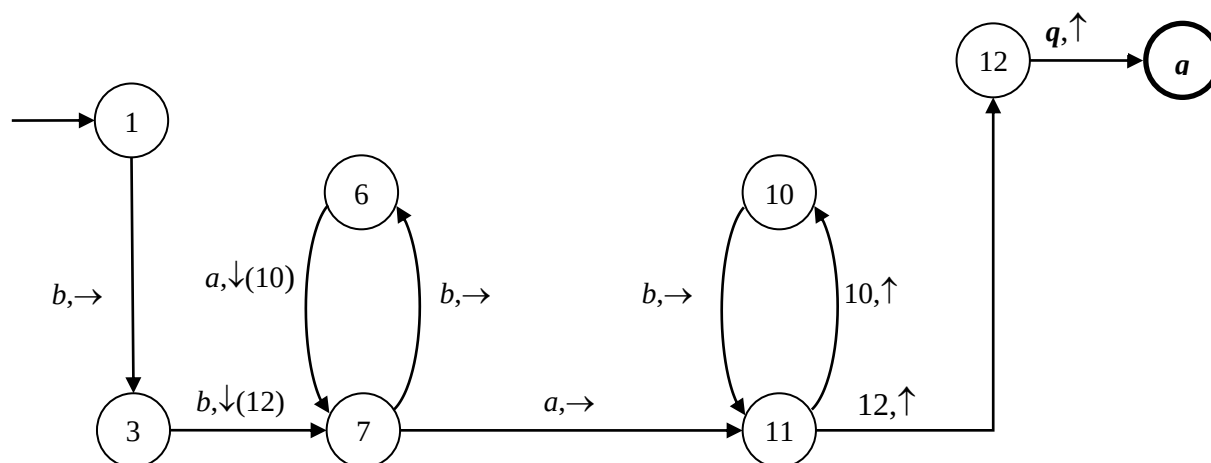


Рис. 4. Граф МП-распознавателя после выполнения п.3 алгоритма

В результате выполнения п.1 из МП-распознавателя исключены переходы из состояний 9 и 11 с операцией *вытолкнуть* и переходы из состояний 4 и 7, так как в эти состояния не входят дуги с операцией *сдвиг*.

При выполнении п.2 восстанавливается переход $(7, (b, \rightarrow), 6)$, так как состояние 3 достижимо из начального и есть переход $(3, (b, \downarrow(12)), 7)$. Теперь состояние 6 достижимо и есть переход $(6, (a, \downarrow(10)), 7)$, поэтому восстанавливается переход $(7, (b, \rightarrow), 11)$. Состояние 11 стало достижимым и в графе МП-распознавателя существует путь от начального состояния 1 до состояния 11 с переходами $(3, (b, \downarrow(12)), 7)$ и $(6, (a, \downarrow(10)), 7)$, поэтому вос-

становливаются переходы $(11, (10, \uparrow), 10)$ и $(11, (12, \uparrow), 12)$.

Переходы из состояния 4 не восстанавливаются, так как в него существует единственный переход $(2, (a, \downarrow(12)), 4)$ из достижимого состояния и его недостаточно для восстановления переходов $(4, (b, \rightarrow), 5)$ и $(4, (c, \rightarrow), 8)$. Переходы из состояния 9 не восстанавливаются, так как оно недостижимо из начального.

После выполнения п.2 в МП-распознавателе состояния 5, 8 и 9 недостижимые, а состояния 2, 4, 5, 9 — избыточные (рис. 3), поэтому они удаляются при выполнении п.3 алгоритма.

Выводы. В статье представлен алгоритм, который позволяет уменьшить количество лиш-

них переходов и состояний, но не гарантирует получение МП-распознавателя без лишних переходов и состояний. Например, в МП-распознавателе (рис. 5) лишними являются пе-

реходы $(1, ((b, \downarrow(4)), (3, (b, \rightarrow), 4))$ и $(4, (3, \uparrow), 3)$ и состояние 4, но они не обнаруживаются и не устраняются этим алгоритмом.

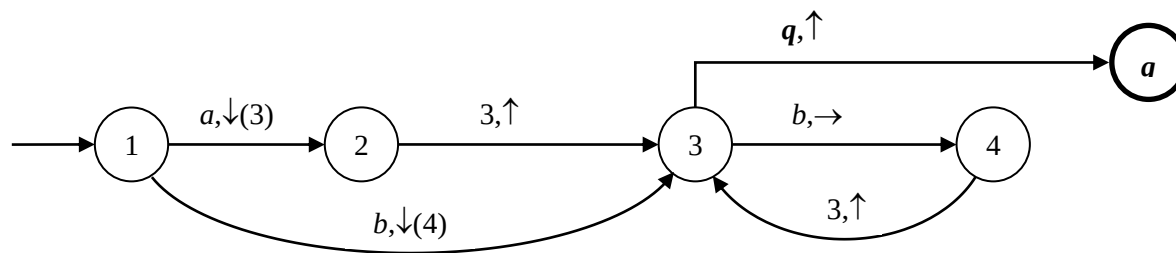


Рис. 5. Граф МП-распознавателя с лишними переходами и лишним состоянием

Дальнейшим развитием работы является поиск причин, по которым переходы могут быть лишними, и разработка дополнительных алгоритмов, позволяющих исключать лишние переходы, которые не обнаруживаются предложенным алгоритмом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schutzenberger M.P. "On context-free languages and pushdown automata", Information and Control 6:3 (1963), pp. 246–264.
2. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. М.: Мир, 1978. Т. 1. 612 с.
3. Льюис Ф., Розенкранц Д., Стирнз Р. Теоретические основы проектирования компиляторов. М.: Мир, 1979. 656 с.
4. Мартыненко Б.К. Синтаксически управляемая обработка данных. Изд. 2-е, дополн. СПб: Изд-во С.-Петербургского университета, 2004 г. 317 с.
5. Ахо А., Лам М., Сети Р., Ульман Дж. Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий. М: Издательский дом "Вильямс", 2008. 1185 с.
6. Hopcroft J.E., Motwani R., J.D. Ullman J.D. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation (3rd ed.). Pearson., 2013. p. 496.

7. Белоусов А.И., Ткачев С.Б. Мультиграфовое представление автоматов с магазинной памятью // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 9. С. 11.

8. Станевичене Л.И. Графы магазинных автоматов // Учредительная конф. Российской ассоциации "Женщины-математики". Тез. докл. М. 1993(а). С. 50

9. Вылиток А.А. О построении графа магазинного автомата // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 15. 1996. № 3. С. 68–73.

10. Брауэр В. Введение в теорию конечных автоматов М.: Книга по Требованию, 2012. С. 272.

11. Рязанов Ю. Д. Синтез распознавателей с магазинной памятью по детерминированным синтаксическим диаграммам // Вестник ВГУ. Системный анализ и информационные технологии. 2014. №1. С. 138–145.

12. Рязанов Ю. Д., Савёлова И. Н. Преобразование распознавателя с магазинной памятью и одним состоянием в распознаватель с конечным множеством состояний // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2015. № 4 (11). С. 13.

13. Polyakov V.M., Ryazanov Y.D. Virt Charts to Multiport Component Syntactic Charts Transformation // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. 2015. Т. 11. № 5. С. 3939–3952.

Ryazanov Yu.D.

REDUCE THE NUMBER OF UNNECESSARY TRANSITIONS AND STATES IN THE PUSHDOWN RECOGNIZER

The article considers the problem of reducing the number of states of the pushdown recognizer by eliminating unnecessary transitions that never work, and eliminating unnecessary states in which cannot be recognizer in processing a valid chain. There are suggested a search algorithm of unnecessary transitions and states, based on the representation of recognizer as a graph. The article demonstrates the example of recognizer in which the proposed algorithm eliminates unnecessary transitions and states. This algorithm does not guarantee elimination of all unnecessary transitions and states. The article demonstrates the example of recognizer with unnecessary transitions and states that are not detected by the algorithm. The proposed algorithm can be used at software design the processing for formal languages.

Key words: context-free language, pushdown recognizer, state, transition, equivalent transforming.

Рязанов Юрий Дмитриевич, аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

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

E-mail: Ryazanov.iurij@yandex.ru

**РАЗРАБОТКА WEB-АДАПТАЦИИ GIS-СИСТЕМЫ WINMAP НА ОСНОВЕ
ТРЕХУРОВНЕВОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

dzast@sfnedu.ru

К настоящему времени Геоинформационные системы (GIS-системы) получили широкое распространение, как в профессиональной деятельности, в первую очередь в виде традиционных Windows-приложений, ориентированных на профессиональную деятельность, так и в сфере некоммерческих информационных сайтов Internet. Особый интерес представляет создание версий профессиональных GIS, которые были бы доступны как online-приложения, в особенности на мобильных устройствах, но не использовали бы средства HTTP-протокола, как это принято в современных Web-адаптациях GIS-систем. В данной работе предложена архитектура распределенного Web-приложения, основанного на использовании специфического протокола обмена данными между GIS-клиентом и сервером. Кроме того, излагаемый подход используется трехуровневую архитектуру, разделяющую функции Web-сервера, выполняющего функции приема и обработки запросов клиентов, и GIS-сервера, который реализует традиционные функции генерации картографического изображения и выборки из атрибутивных таблиц. Это потенциально позволит повысить производительность online-системы, а так же упростить некоторые вопросы, связанные, например, с авторизацией и кешированием данных.

Ключевые слова: Web-приложения, GIS-системы, трехуровневая архитектура.

Введение. Современные GIS-системы [1] можно с функциональной точки зрения разделить на две категории. К первой категории относятся профессиональные системы, которые предназначены для управления данными и ресурсами, имеющими картографическую структуру, и которые используются в таких традиционных сферах, как ведение земельного кадастра и управление ресурсами недвижимости, коммунальное хозяйство, экологическая область, и т.д. Подобные системы строятся на основе хорошо известных пакетов, как ArcGIS, MAPInfo, и с архитектурной точки зрения являются традиционными оконными приложениями. Ко второй категории относятся online Web-системы (напр. GoogleMap и многочисленные другие источники), которые с функциональной точки зрения обычно являются некоммерческими информативными сайтами, не имеющими профессиональной ориентированности.

Следует так же отметить современную тенденцию по созданию профессионально-ориентированных Web-приложений, напр. ArcGIS Online, или отечественную разработку GIS WebToolKit [2]. Последняя использует технологию ASP.NET для визуализации картографических и атрибутивных данных и, таким образом, является надстройкой над Web-сервером [3].

В данной статье представлен подход к построению online-приложений для GIS-системы WinMAP [4]; характерными особенностями выбранного архитектурного решения являются:

1. Отказ от использования традиционной для Web-приложений схемы, основанной на использовании HTTP-протокола, и модулей серверных расширений. В качестве альтернативы разработаны новая архитектура клиент-серверного взаимодействия, оптимизированная для выполнения традиционных функций GIS-систем, и соответствующий протокол.

2. Разделение функций серверной части на собственно сервер, обеспечивающий взаимодействие с клиентами, и GIS-компонент, которые реализуют традиционные функции генерации картографического изображения и выборки из атрибутивных таблиц. Подобная архитектура обусловлена, в первую очередь, необходимостью интеграции с существующей GIS-системой, функционирующей в качестве отдельной программной компоненты.

3. Ориентированность клиентской части GIS-приложения на мобильные устройства, с учетом специфических особенностей их интерфейса.

Основная часть.

Рассмотрим причины отказа от традиционной архитектуры Web-приложений. В действительности, эта архитектура, основанная на протоколе HTTP и серверных и клиентских расширениях, является по существу зрелой и адекватной основой для разработки сетевых приложений в среде Web. Одним из основных ее достоинств – универсальность по отношению к клиентской части, что обусловило ее широчайшее применение. Так же следует отметить

изобилие доступных инструментальных средств для развития приложений. Однако у нее существуют и недостатки, среди которых в первую очередь следует отнести отсутствие поддержки полноценных авторизированных сессий (хотя это компенсируется при помощи средств надстройки, например, при помощи cookies), отсутствие развитых средств для оперирования с общими данными на уровне приложения.

Возвращаясь к первоначальной задаче, – создание средств удаленного доступа к существующей GIS-системе, можно использовать два принципиально различных архитектурных решений. Первое решение состоит в разработке специфических серверных расширений для некоторого Web-сервера, например, по аналогии с компонентами ASP.NET, которые можно было бы далее внедрять в код HTML-страниц. Эти компоненты были бы ответственны за взаимодействие с GIS-системой, и формировали бы данные в виде html-тегов – изображений и таблиц. Этот способ не лишен привлекательности, в первую очередь по причине возможности интеграции таких компонент с уже существующим изобилием инструментальных средств. Кроме того, поскольку результатом является по-прежнему HTML-страница, очевидным образом отпадает необходимость разработки клиентской части.

Тем не менее, при разработке системы был выбран альтернативный подход, по следующим причинам. Во-первых, автор полагает, что разработка отдельного протокола позволила бы более адекватно учесть специфику использования GIS-систем. Во-вторых, как говорилось выше,

следует использовать более удобные и функциональные средства для поддержки авторизации и сессий. Полноценное рассмотрение используемых в Web-приложениях механизмов для решения этих задач существенно выходит за рамки данной статьи, но следует сказать, что, например, для такого традиционного Web-приложения, как online-магазин, действительно принципиальным является способность параллельной обработки очень большого числа обращений. Но для профессиональной GIS-системы (точнее говоря, для конкретного экземпляра системы) количество одновременных обращений не будет значительным; гораздо важнее сама возможность обращения к ее ресурсам через Internet. Еще одним фактором в пользу отказа от HTTP является потенциальная возможность передачи данных в более компактном формате.

Следующим важным свойством является потенциальная необходимость в кешировании на сервере данных, к которым относятся формируемые изображения с картографической информацией, а так же выборки из таблиц с атрибутивными (называемых так же семантическими) данными. Как говорилось выше, нагрузка на сервер с точки зрения числа параллельных подключений не планируется быть особенно значительной, но операция рендеринга (прорисовка изображения хранимых в базе данных объектов) является весьма трудоемкой, что хорошо заметно даже при работе с GIS-системой в однопользовательском режиме. Полученные же изображения сравнительно компактны, а так же стабильны с точки зрения своего содержания.

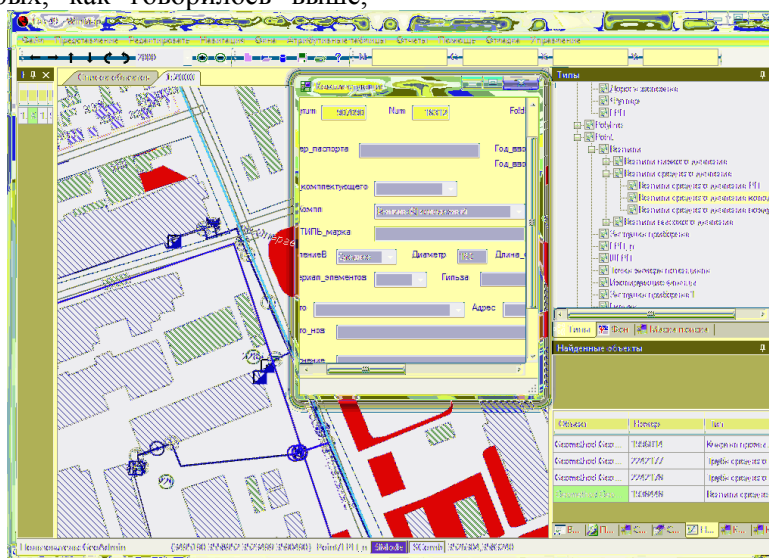


Рис. 1. Пример приложения для газовых служб на основе WinMAP

Разделение серверной части на две архитектурные компоненты, в свою очередь, обусловлено следующими факторами. Прежде всего,

поскольку речь идет в первую очередь о предоставлении доступа к существующей GIS-системе WinMAP (рис.1), важнейшим экономи-

ческим фактором является минимизация трудозатрат по ее переработке (т.е. изменению программного кода). Представляется нецелесообразным напрямую трансформировать ее в масштабируемый сервер, обслуживающий параллельные подключения. Оптимальным решением в данном случае является переработка системы WinMAP в приложение типа Windows-службы; детальное описание архитектуры описано ниже.

Кроме того, разделение серверной части на две компоненты обусловлено различными платформами – WinMAP является .NET-приложением, функционирующим в Windows, а сервер разрабатывается под Linux. Разнесение этих частей на два независимых узла потенциально будет способствовать распределению общей вычислительной нагрузки.

Наконец, решение использовать в качестве клиентской платформы мобильные Android-

устройства связано с их большей приспособленностью к работе в «полевых условиях».

Архитектура системы WebMAP.

Архитектура разрабатываемой системы (неформально называемой WebMAP) состоит из трех элементов – клиентским приложением, функционирующем под мобильными Android-устройствами, сервером, и GIS-компонентой (рис. 2).

Клиентская часть системы является Java-приложением. Его две основные задачи следующие:

1. создание и последующее управление соединением с сервером и обменом с ним данными;
2. визуализации получаемых картографических и атрибутивных данных и реализация интерфейса с пользователем.

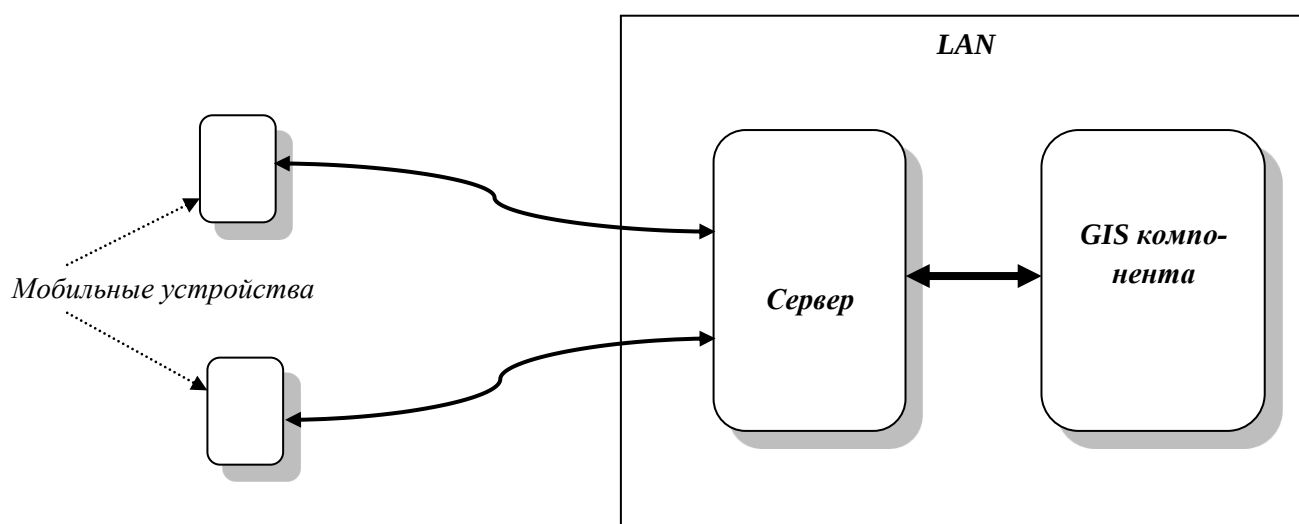


Рис. 2. Архитектура WebMAP

Функции сервера более сложны; он является промежуточным звеном между клиентскими устройствами, и собственно GIS-системой. Сервер реализуется при помощи языка Python на платформе Linux.

Сервер решает следующие основные задачи:

1. управление сеансами с клиентскими приложениями, включая авторизацию и управление учетными записями.
2. взаимодействие с GIS-компонентой.
3. управление кэшированием данных, полученных от GIS.

Взаимодействие между клиентами и сервером осуществляется на основе разработанного протокола, программная реализация которого используется традиционные средства сокетных соединений TCP/IP-сетей. Протокол определяет формат запросов к серверу и ответов.

Запросы бывают следующих категорий:

1. запрос на создание сеанса (сопровождается данными для авторизации);
2. запрос на прекращение сеанса;
3. запрос на получение картографических данных;
4. запросы на получение атрибутивных данных и данных о графических объектах;
5. запросы на выполнение поиска графических объектов и связанных с ними атрибутивными данными.

Подобная классификация запросов отражает традиционные для системы WinMAP два сценария работы. Согласно первому сценарию на экране воспроизводится картографическое изображение в соответствии с заданными координатами, на котором прорисованы попадающие в этот прямоугольник графические объекты и типами согласно используемой маске. Затем пользователь может выделить на экране группу объектов, и получить их детализированный список

и атрибутивную информацию в виде оконных бланков (этот сценарий проиллюстрирован на Рис.1). Другой сценарий предполагает предварительный просмотр список объектов, который можно формировать при помощи критериев селекции (типы, пространственные координаты, и др.), или списков записей таблиц с атрибутивными данными, а затем воспроизводить картографическое изображение, соответствующее найденным графическим объектам.

Соответственно, в запросах (в зависимости от их категорий) передаются координаты пририсовываемого прямоугольника, список типов графических объектов, критерии селекции для таблиц объектов и таблиц атрибутивных данных, и управляющая информация.

Получив запрос (типы 3,4 и 5), сервер обращается к GIS-компоненте и передает ему полученные в запросе данные. GIS-компонента выполняет либо рендеринг запрошенного картографического фрагмента, либо поиск в таблицах внутренней базы данных объектов и записей атрибутивных данных в соответствии с условиями.

Поскольку сервер предназначен для поддержки многих сеансов, для взаимодействия с GIS-компонентой формирует очередь заданий, диспетчеризируемой по принципу FIFO.

Важной функцией сервера является кэширование растровых изображений, получаемых от GIS-компоненты. Как показывает практика, при работе с GIS-системой является весьма типичной ситуация, когда один и тот же участок электронной карты просматривается несколько раз, чередуя различные масштабы и «сдвигая» изображение. Естественно, в данной ситуации кэширование предыдущих изображений является крайне целесообразным и технически несложным. Хранимые к кеше сервера изображения не

ассоциируются с конкретным сеансом, и могут быть при необходимости переданы другому сеансу при аналогичном запросе. В случае изменения графических объектов кеш очищается, однако такая ситуация весьма редкая.

Третья составляющая WebMAP является графическим ядром системы WinMAP, модифицированной в Windows-службу. Эта служба поддерживает постоянное сетевое соединение с сервером, получает от него запросы указанного выше формата, и выполняет рендеринг изображения и поисковые операции, взаимодействуя с внутренней базой данных.

Выводы. В работе представлены результаты по трансформации GIS-системы WinMAP в Web-образное приложений с целью обеспечения доступа к функциям этой системы при помощи мобильных устройств. Для этого были разработаны трехуровневая архитектура распределенного приложения, протокол взаимодействия компонент этой системы. Проведено критическое сравнение предложенного подхода с традиционной схемой реализации GIS-систем в виде Web-приложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаши Шекхар, Санжей Чаула. Основы пространственных баз данных. М., Кудриц-Образ., 2004. 428 с.
2. Официальный сайт КБ «Панорама». <http://www.gisinfo.ru/>
3. Дино Эспозито. Программирование с использованием Microsoft ASP.NET 3.5. СПб. Питер. 2009 г. 1008 с.
4. Заставной Д.А. Встроенный язык скриптов для GIS-системы WinMap // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №1. С. 144–150.

Zastavnoy D.A.

DEVELOPING A THREE-TIE WEB-APPLICATION FOR THE WINMAP GIS

GeoInformation Systems are widespread among modern information applications both professional ones and free online internet resources. But developing a professional GIS system accessible through wireless communications is still a welcomed approach. Most modern adaptations of such systems are based on a convenient http-style web application. Our approach is focused on developing a more sophisticated communication protocol to fulfill the complexity of the modern GIS applications. The three-tie architecture is involved to distribute communication functions of the server from the specific tasks of the GIS, such as raster image rendering, data fetching etc. This approach may increase the overall performance of the application as well as provides new possibilities such as implementing user authorization and intermediate image caching.

Key words: Web-applications, GIS systems, tree-tie architecture

Заставной Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и вычислительного эксперимента института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича. Южный Федеральный Университет.

Адрес: Россия, 344090, Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, д. 8а.

E-mail: dzast@sfedu.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/22247

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Хахалева Е.Н., канд. техн. наук, доц.,
Богачева М.А., магистрант,
Косухин А.М., аспирант,
Чайкина Е.Е., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ ГИДРОФИЛЬНЫХ ГРУПП ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ИХ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ И СИНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ*

mkosuhin@mail.ru

Обобщены и систематизированы результаты известных разработок в области модифицирования бетонных смесей и бетонов, изложены результаты исследований природы гидрофильных групп суперпластификаторов на их пластифицирующую активность, показывающие, что пластифицирующая активность зависит от их химического строения, адсорбция суперпластификаторов на частицах дисперсной фазы приводит к увеличению агрегативной устойчивости суспензии, которая становится предельно возможной после образования адсорбционного мономолекулярного слоя. Вследствие этого происходит пептизация агрегатов до первичных частиц и выделяется иммобилизованная вода. Показано, что гидроксильные группы за счет меньшей молекулярной массы и большей гидрофильности по сравнению с сульфогруппами увеличивают пластифицирующую активность. Приведены экспериментальные данные, показывающие, что при определенном соотношении суперпластификаторов с сульфо- и гидроксильными группами в полифункциональном модификаторе проявляется эффект синергизма, обусловленный аттракционным взаимодействием молекул на поверхности частиц дисперсной фазы. На основании проведенных экспериментальных исследований и анализа литературных данных сформулированы положения о необходимых качествах суперпластификаторов.

Ключевые слова: модификаторы бетона, полифункциональные модификаторы, пластифицирующая активность, адсорбционно-активные группы, агрегативная устойчивость, реологические свойства, адсорбция, пептизация, мономолекулярный слой, электрокинетический потенциал, эффект синергизма.

Введение. Бетон и железобетон среди большого разнообразия строительных материалов занимал и продолжает занимать ведущую роль в строительной индустрии. С развитием в последние годы монолитного бетонирования технология бетона из заводских условий перешла на открытые строительные площадки, где она значительно усложняется из-за отсутствия стационарных условий протекания процессов структурообразования и набора прочности. На сегодняшний день практически весь применяемый бетон производится с использованием различных химических добавок. Наибольшее распространение из них получили суперпластификаторы (СП) и полифункциональные модификаторы (ПФМ) на их основе. Сегодня ПФМ занимают лидирующее положение на рынке добавок, так как их применение позволяет одновременно

управлять целым комплексом свойств бетонов в заданных условиях эксплуатации [1–4].

Управление физико-химическими процессами структурообразования бетона на наноуровне путем регулирования коллоидно-химических свойств цементных дисперсий и кристаллообразования при помощи ПФМ относится к перспективным нанотехнологиям в строительной индустрии.

Правильный выбор СП и ПФМ в производстве бетона и железобетона для конкретных условий его производства и эксплуатации основывается на глубоком понимании механизма их действия. Кроме того, при совместном использовании различных по природе и свойствам индивидуальных СП в составе ПФМ может проявляться как эффект синергизма, так и эффект антагонизма.

Многочисленные исследования механизма действия СП, проводимые разными исследователями и научными школами на протяжении многих десятилетий не дают общей единой теории этого процесса. В этой связи, для более полного изучения механизма пластифицирующего действия, авторами были проведены исследования коллоидно-химических свойств минеральных суспензий, пластифицированных СП с разными по природе адсорбционно-активными группами [5–9].

Была выдвинута рабочая гипотеза о том, что при совместном использовании разных по природе СП может проявляться эффект синергизма. Теоретическими предпосылками исследований СП и композиций на их основе в качестве эффективных СП в технологии бетона явились основные положения теории синергизма композиций поверхностно-активных веществ, согласно которой вещества ПАВ, а следовательно, и свойства бетонных смесей и бетонов можно регулировать не только путем изменения химического строения, но и путем качественного и количественного сочетаний активных добавок органических полярных веществ различной молекулярной массы [10]. Целью данной работы является освещение результатов экспериментальных исследований влияния природы гидрофильных групп СП на их пластифицирующую активность, разработка ПФМ повышенной активности, исследование влияния добавок на физико-механические характеристики бетонных смесей и бетонов.

Методика. В работе были проведены исследования коллоидно-химических свойств пластифицированных различными по природе СП минеральных суспензий, наиболее широко применяемых в строительной индустрии.

В связи с тем, что пластифицирующая активность, а следовательно, и механизм действия СП определяются природой, составом и строением, при проведении испытаний использовали СП с разными по природе адсорбционно-активными группами: разжижитель С-3, ЛСТ, содержащие в своем составе в качестве гидрофильных сульфогруппы – SO_3^- , СП СБ-3, содержащий в своем составе гидроксильные группы и их смеси.

Для исключения фактора нестабильности дисперсной фазы и дисперсионной среды при взаимодействии цемента с водой для изучения влияния СП 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 СП про-

водили по результатам выполнения стандартных исследований коллоидно-химических свойств СП и модифицированных минеральных суспензий.

Исследования реологических параметров суспензий проводили с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2». Концентрацию СП (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 ξ -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.

Основная часть. Изучение влияния природы гидрофильных групп СП на их пластифицирующую активность показало, что наилучшими пластифицирующими свойствами обладает СП с гидроксильными группами. Показано также, что в ПФМ, содержащем пластифицирующие компоненты с разными по природе гидрофильными группами, вследствие аттракционного взаимодействия может проявляться эффект синергизма, выражающийся в увеличении пластифицирующей активности по сравнению с индивидуальными компонентами и улучшении свойств бетона.

Изучение влияния СП на поверхностное натяжение на границе раствор-воздух показало, что СП С-3 не обладает поверхностной активностью, практически не влияя на поверхностное натяжение. СП СБ-3 является слабым воздухововлекателем, незначительно снижая поверхностное натяжение с 72 до 60 мДж/м². Сильное воздухововлекающее действие оказывает добавка ЛСТ, так как она снижает поверхностное натяжение до 45 мДж/м². ПФМ, включающий СП С-3 и СП СБ-3 при их оптимальном соотношении занимает промежуточное положение.

Уменьшение поверхностного натяжения на границе раствор-воздух улучшает смачивание твердых поверхностей жидкостью а, следовательно, растворение дисперсной фазы дисперсионной средой (цементных частиц водой).

На агрегативную устойчивость, реологию и другие свойства дисперсных систем существенное влияние оказывает величина поверхностного натяжения на границе твердое тело-раствор, которая определяет эффективную константу Гаммакера, характеризующую силы межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы. Поверхностное натяжение на границе твердое тело-раствор при модифицировании по-

верхности мела СП оценивали косвенно по известному уравнению Юнга

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{\text{т-г}} - \sigma_{\text{т-ж}}}{\sigma_{\text{ж-г}}} \quad (1)$$

Были измерены $\sigma_{\text{ж-г}}$ и краевые углы смачивания θ на поверхности CaCO_3 в области равновесных концентраций, соответствующих заполнению мономолекулярного слоя (табл. 1). В связи с тем, что в ходе проведения опытов поверхностное натяжение на границе твердое тело - газ оставалось постоянным, $\sigma_{\text{т-ж}}$ определяли по изменению величины адгезионного натяжения ($\sigma_{\text{т-г}} - \sigma_{\text{т-ж}}$), которую определяли из уравнения Юнга.

Таблица 1

Влияние концентрации СП СБ-3 на краевой угол смачивания мела и поверхностное натяжение

C, %	θ , °	$\cos \theta$	$\sigma_{\text{т-ж}}$, мДж/м ²	$\sigma_{\text{т-г}} - \sigma_{\text{т-ж}}$, мДж/м ²
0	46,1	0,693	72,0	49,9
0,01	38,4	0,784	71,7	56,2
0,02	34,8	0,821	71,5	58,7
0,03	34,2	0,827	71,4	59,0
0,05	34,4	0,825	70,9	58,5

Результаты эксперимента показали, что при увеличении концентрации СП СБ-3 поверхностное натяжение на границе твердое тело-раствор уменьшается, так как увеличение ($\sigma_{\text{т-г}} - \sigma_{\text{т-ж}}$) при постоянном значении $\sigma_{\text{т-г}}$ может быть обусловлено только уменьшением $\sigma_{\text{т-ж}}$. Это свидетельствует об увеличении гидрофильности поверхности мела при образовании адсорбционного слоя СП и снижения сил межмолекулярного притяжения между частицами дисперсной фазы. Аналогичный характер изменения $\sigma_{\text{т-ж}}$ наблюдается и для других СП.

Изучение адсорбции СП на меле показало, что изотермы адсорбции имеют типичный характер мономолекулярной адсорбции. 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. Максимальная адсорбция достигается при близких значениях равновесных концентраций для исследуемых СП: для СП СБ-3 0,05%, 0,052% для СП С-3 и 0,05% для СБ-3+ С-3. Это свидетельствует о том, что изменение природы гидрофильных групп в СП незначительно влияет на его адсорбционную активность, и, по-видимому, определяется дисперсионными силами взаимодействия между системой связанных ароматических колец молекул СП и поверхностью мела.

В то же время значения Γ_{max} значительно изменяются в зависимости от вида СП и составляют $2,8 \cdot 10^{-4}$; $5,5 \cdot 10^{-4}$; $3,0 \cdot 10^{-4}$ г/м² для СБ-3, С-3, СБ-3+ С-3, соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Адсорбционные параметры мономолекулярного слоя

$$m_{\text{мела}} = 60\text{г}, m_{\text{H}_2\text{O}} = 33\text{г}$$

Параметр	Тип добавки		
	СБ-3	С-3	СБ-3+С-3
C_p , %	0,05	0,052	0,05
Γ_{max} , г/м ²	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
C_m , % от массы мела	0,082	0,14	0,085

Уменьшение Γ_{max} СБ-3 по сравнению с С-3 обусловлено, как уже отмечалось ранее, мень-

шей молекулярной массой гидроксильных групп по сравнению с сульфогруппой. В то же время

экспериментальное значение $\Gamma_{\max}$ для ПФМ меньше величины $3,61 \cdot 10^{-4}$ г/м², полученной расчетом по принципу аддитивности. Это свидетельствует о том, что при адсорбции молекул с разными по природе гидрофильными группами необходимо учитывать взаимодействие «адсорбат-адсорбат» или так называемое аттракционное взаимодействие. На это указывается и при исследовании адсорбции ионогенных красителей на гидрофильных поверхностях [11]. Аттракционное взаимодействие оценивали по уравнению

$$B \cdot C = \frac{\theta}{1 - \theta} \cdot e^{-2A\theta}, \quad (2)$$

где $\theta = \frac{\Gamma}{\Gamma_{\max}}$; Γ , $\Gamma_{\max}$ – равновесная и максимальная адсорбция на меле, г/м²; B – константа адсорбционного равновесия; C – равновесная концентрация, кг/м³; A – аттракционная постоянная.

При адсорбции ПФМ константа A смещается в отрицательную область, что свидетельствует об увеличении взаимодействия адсорбат-адсорбат и приводит к уменьшению $\Gamma_{\max}$. Для индивидуальных СП значение A в пределах ошибки экспериментальных данных незначительно отличается от нуля, в то время как для ПФМ СБ-3+С-3 величина A уменьшается до -50. Возрастание аттракционного взаимодействия в этом случае может быть связано как с усилением электростатического взаимодействия, так и с пространственными затруднениями при совместной адсорбции СБ-3 и С-3. Эффект синергизма проявляется при массовых соотношениях СБ-3 и С-3, равных 3:7 и 7:3. С учетом средних молекулярных масс СБ-3 и С-3 (800 и 2000, соответственно) мольные соотношения СП равны 1,07:1 и 5,8:1. Первый случай отвечает эквивалентному соотношению СП, что объясняет наличие максимума при данном соотношении. Во втором случае максимум проявляется, когда одна молекула С-3 окружена шестью молекулами СБ-3. Аналогичный эффект влияния центральной массивной молекулы на посадочные площадки соседних низкомолекулярных молекул для границы жидкость-газ был описан Адамом [12].

При расчете дозировки СП, необходимой для образования мономолекулярного слоя, нужно учитывать $\Gamma_{\max}$ и соответствующую ей равновесную концентрацию (табл. 2).

Расчет производили по формуле

$$C_m = \frac{(\Gamma_{\max} \cdot m \cdot S_{уд} \cdot C_p \cdot V_p) \cdot 100\%}{m}, \quad (3)$$

где C_m – процент от массы мела – дозировка СП, необходимая для образования монослоя; C_p ,

г/л – равновесная концентрация СП при образовании монослоя; $\Gamma_{\max}$, г/м² – максимальная адсорбция СП; m , г – масса мела; $S_{уд}$, м² – удельная поверхность мела; V_p , л – объем раствора.

Полученные значения C_m приведены в табл. 2. Из этих данных видно, что наименьшее значение, равное 0,082%, имеет СП СБ-3, наибольшее значение, равное 0,14, имеет СП С-3. Для ПФМ C_m равно 0,085%, что на 16% меньше рассчитанного по принципу аддитивности значения, равного 0,099%.

Равновесие в процессах коагуляции и пептизации определяется соотношением между энергией коагуляционного контакта U_k и энергией теплового движения частиц. Адсорбция СП на поверхности частиц изменяет U_k и смещает равновесие коагуляция $\leftrightarrow$ пептизация в ту или другую сторону.

Изучение дифференциальных кривых распределения по радиусам частиц мела при различных дозировках СП, показало, что увеличение дозировки СП приводит к более узкому распределению частиц по радиусам и сдвигу максимума распределения в сторону – меньших значений радиуса. Исследования показали, что при увеличении дозировки наивероятнейший радиус уменьшается на порядок, достигая минимального значения равного 1...1,5 мкм. Последнее значение совпадает с размером первичных частиц мела по данным электронной микроскопии и подтверждает, что пептизация агрегатов протекает до первичных частиц.

Для расчета числа первичных частиц, участвующих в образовании агрегата, воспользуемся следующими расчетами.

Объем агрегата равен: $V = 4/3 = 3,14 \cdot 13^3 = 9,2 \cdot 10^3$ мкм³

Объем дисперсной фазы в агрегате равен (с учетом случайной упаковки):

$$V_{д.ф.} = 0,56 \cdot 9,2 \cdot 10^3 = 5,152 \cdot 10^3 \text{ мкм}^3$$

Объем первичной частицы равен: $V = 4/3 \cdot 3,14 \cdot 1^3 = 4,19$ мкм³

Число первичных частиц в агрегате равно:

$$n = \frac{5,125 \cdot 10^3}{4,19} = 1230 \text{ част./агрегат}$$

При пептизации агрегатов иммобилизованная вода высвобождается, что приводит к увеличению количества центрифугата, отделяющегося от суспензии после центрифугирования и, которое достигает максимума при достижении минимального размера частиц. Полученные результаты показывают, что адсорбция СП на поверхности мела увеличивает агрегативную устойчивость меловых частиц, при определенных дозировках система становится полностью стабилизированной и агрегаты пептизируют до первичных частиц.

Предельное напряжение сдвига и пластическая вязкость, определенные из реологических кривых, полученных при различных дозировках СП, показали, что при увеличении дозировки СП предельное напряжение сдвига сначала резко уменьшается, затем темп снижения τ_0 несколько уменьшается и при достижении определенной дозировки τ_0 становится практически равным нулю. Пластическая вязкость также вначале резко снижается, но затем достигает определенного минимального значения, причем выход на минимум происходит при тех же дозировках, при которых τ_0 становится равным нулю.

Эффективность СП по степени их влияния на предельное напряжение сдвига увеличивается при переходе от СП С-3 к СП СБ-3, для ПФМ наблюдается усиление действия по сравнению с индивидуальными компонентами.

Величина предельного напряжения сдвига концентрированной суспензии обуславливается совокупностью сил сцепления частиц в местах их контакта друг с другом: прочностью P индивидуальных контактов между частицами и их числом α на единицу поверхности. В этом приближении $\tau_0 = P \cdot \alpha$, где величина α определяется размером частиц и плотностью упаковки и при введении СП изменяется только в определенных пределах за счет протекания процессов пептизации или коагуляции. Отсюда следует, что уменьшение предельного напряжения сдвига практически до нуля при оптимальных дозировках СП обусловлено падением прочности индивидуального контакта до значений, сравнимых с энергией теплового движения [9]. В первом приближении величину α в соответствии с [13] можно оценить, ис-

ходя из наивероятнейшего радиуса частиц, полученного методом седиментационного анализа.

$$\alpha = \frac{1}{(2r)^2}, \quad (4)$$

где r – радиус частиц, м.

Для частиц с размером $\alpha = 2 \cdot r = 2$ мкм число контактов на единицу поверхности будет равно

$$\alpha = \frac{1}{(3 \cdot 10^{-6})^2} = 1,11 \cdot 10^{11} \text{ конт/м}^2$$

Прочность коагуляционного контакта определяется силами межмолекулярного взаимодействия, при этом энергию сцепления можно найти по формуле

$$U_k = P \cdot h \quad (5)$$

где U_k – энергия сцепления в контакте, Дж; h – расстояние между частицами, м; P – прочность индивидуального контакта, Н.

Расстояние между частицами, находящимися в коагуляционном контакте (т.е. через прослойку дисперсионной среды) по литературным данным [14] составляет 0,5–1 нм.

Исходя из вышеизложенного, по значениям предельного напряжения сдвига можно оценить энергию коагуляционного контакта

$$U_k = P \cdot h = \frac{\tau_0 \cdot h}{\frac{1}{(2r)^2}} = \tau_0 \cdot h \cdot (2r)^2, \quad (6)$$

Подстановка конкретных значений для меловой суспензии без добавок ($\tau_0 = 300$ Па, $h = 0,75$ нм, $r = 1,5$ мкм) дает следующее значение U_k :

$$U_k = 300 \cdot 0,75 \cdot 10^{-9} \cdot (2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6})^2 = 2,02 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} \approx 505 \text{ кТ},$$

что значительно превышает энергию теплового движения и обуславливает структурированный характер суспензии. Адсорбция СП на частицах мела приводит к снижению энергии коагуляционного контакта до энергии теплового движения и уменьшению предельного напряжения сдвига практически до нуля.

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.

Исследования влияния дозировок СП на электрокинетический потенциал частиц мела показали, что поверхность не модифицированного мела имеет незначительный избыточный

отрицательный заряд, о чем свидетельствует небольшое отрицательное значение потенциала. Увеличение дозировки СП приводит к изменению электрокинетического потенциала с -4 мВ до $-35 \div -40$ мВ, причем для С-3 значения ξ -потенциала несколько меньше, чем для СБ-3 и ПФМ. Ход кривых зависимостей ξ -потенциала от дозировки добавок аналогичен ходу изотерм адсорбции добавок, а выход ξ -потенциала на минимальное значение соответствует завершению мономолекулярного слоя.

Исходя из результатов экспериментальных исследований, можно привести следующие рассуждения о механизме действия СП.

Агрегативная устойчивость и реология дисперсных систем с частицами твердой дисперсной фазы и жидкой дисперсионной средой определяются их природой, дисперсностью и концентрацией частиц. Каждая частица представ-

ляет собой микрообъем конденсированной фазы, размеры которого велики по сравнению с молекулярными, поэтому силы притяжения между частицами определяются в основном дисперсионными взаимодействиями. Силы отталкивания могут иметь различную природу, прочность коагуляционной структуры определяется глубиной вторичного минимума на потенциальной кривой, т.е. соотношением между силами притяжения и отталкивания.

Рассмотрим роль различных факторов стабилизации дисперсных систем на примере мело-

вой суспензии. Расчет сил дисперсионного притяжения проводили по известной формуле [15]

$$U_m = -\frac{A^*}{12 \cdot \pi \cdot h^2}, \quad (7)$$

где U_m – энергия молекулярного притяжения; A^* – константа Гамакера; h – расстояние между частицами, Константу Гамакера по аналогии с данными для минеральных окислов [12, 15] принимали равной $5 \cdot 10^{-20}$ Дж. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Энергия взаимодействия между частицами мела

Вид энергии	Энергия взаимодействия для расстояния между частицами, нм					
	1	2	5	10	20	30
$U_m \cdot 10^6$ Дж/м ²	-1330	-332	-53,1	-13,3	-3,32	-1,47
$U_c \cdot 10^6$ Дж/м ²	531	322	71,9	5,9	0,0388	0,000268
$U_s \cdot 10^6$ Дж/м ²	10700	7700	2830	535	19,1	0,681
$(U_m + U_c + U_s) \cdot 10^6$ Дж/м ²	9420	7370	2780	522	15,8	-0,793

Энтропийный фактор стабилизации заключается в стремлении дисперсной фазы к равномерному распределению по объему системы под действием теплового движения. Значение поверхностного натяжения на границе твердое тело-раствор, при котором обеспечивается устойчивость дисперсной системы, определяется соотношением Ребиндера-Шукина

$$\sigma_{т-ж} \leq \frac{k \cdot T}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (8)$$

Подстановка в это уравнение $T = 298$ °К и $r = 1$ мкм дает значение $\sigma_{т-ж}$, равное $3,6 \cdot 10^{-11}$ Дж/м². Сопоставляя это значение с уравнением Юнга

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{т-г} - \sigma_{т-ж}}{\sigma_{ж-г}}, \quad (9)$$

получаем, что в этом случае должно наблюдаться полное смачивание поверхности мела, так как $\sigma_{т-ж}$ в связи с его малым значением можно пренебречь, а $\sigma_{т-г}$ для исследованных систем больше $\sigma_{т-ж}$. В то же время, эксперименты показали, что при введении добавок краевой угол уменьшается (табл. 1), но полного смачивания не наблюдается. Это свидетельствует о том, что энергия теплового движения частиц значительно меньше энергии взаимодействия между ними и не влияет на подвижность суспензии.

Структурно-механический фактор устойчивости суспензий возникает при адсорбции молекул ПАВ, которые являются поверхностно-активными для данной границы раздела фаз и способны к образованию гелеобразного структурированного слоя на межфазной границе. Толщина гелеобразного слоя должна составлять 5–10 нанометров [16], чтобы препятствовать сближению частиц на расстояния, где молекулярные силы притяжения велики. Анализ изотерм адсорбции добавок на границе твердое тело-раствор свидетельствует об образовании только мономолекулярного слоя на поверхности дисперсной фазы. Толщина адсорбционного слоя при этом не превышает 1 нм, что явно недостаточно для создания стерического отталкивания между частицами.

Гидродинамический фактор устойчивости заключается в снижении скорости движения и частоты соударений частиц при изменении вязкости и плотности дисперсионной среды. При введении добавок вязкость и плотность раствора изменяется незначительно, в связи с чем влияние гидродинамического фактора отсутствует.

Электрокинетический фактор устойчивости основан на электростатическом отталкивании диффузных ионных слоев частиц. Расчет для сил электростатического отталкивания в соответствии с теорией ДЛФО проводили по уравнению [15]

$$U_e = 2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \chi \cdot \xi_s^2 \cdot e^{-\chi h}, \quad (10)$$

где U_e – энергия электростатического отталкивания; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; $\varepsilon = 81$ – относительная диэлектрическая постоянная воды; ξ_s – потенциал диффузного слоя, принимаемый равным ξ -потенциалу; χ – обратная толщина диффузного слоя; h – расстояние между частицами.

Величину χ рассчитывали по уравнению

$$\chi = \sqrt{\frac{2F^2 I}{\varepsilon_0 kT}}, \quad (11)$$

где $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/г-экв - число Фарадея; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; I – ионная сила раствора.

Значение электрокинетического потенциала для меловой суспензии с добавками принимали равным – 35 мВ. Результаты расчета U_e для различных расстояний между частицами представлены в табл. 3. Как видно из сопоставления значений U_m и U_e , во всем диапазоне расстояний между частицами энергия молекулярного притяжения больше энергии электростатического отталкивания.

Адсорбционно-сольватный фактор устойчивости состоит в уменьшении поверхностного натяжения на границе твердое тело - раствор в результате адсорбции молекул стабилизатора и возникновения развитых гидратных слоев. При сближении частиц гидратные слои перекрываются, возрастает осмотическое давление, а с ним и давление отталкивания, предотвращающее коагуляцию. Образование достаточно развитых гидратных оболочек мало вероятно для дисперсных систем с лиофобной дисперсной фазой вследствие слабого энергетического взаимодействия среды с дисперсной фазой. При адсорбции добавок, имеющих большое число ионных гидрофильных групп, увеличивается межфазное взаимодействие, что приводит к уменьшению поверхностного натяжения и образованию гидратного слоя. Важную роль структурных сил, обусловленных существованием граничного слоя воды на гидрофильных поверхностях, подтверждают работы многих авторов [12]. В соответствии с этими работами энергию структурного взаимодействия рассчитывали по формуле

$$U_s = k \cdot l \cdot e^{-h/l}, \quad (12)$$

где U_s – энергия структурного взаимодействия; k – константа структурных сил, характеризующая гидрофильность поверхности; l – характеристическая длина структурных сил.

Для гидрофильных поверхностей, к которым относится мел, по данным [17] k изменяется в пределах $10^6 \div 10^7$ Дж/м, l – в пределах $1 \div 10$ нм. Для расчета использовали средние значения k и l , результаты расчета представлены в табл. 3. Сравнение значений U_m и U_s показывает, что при расстояниях между частицами около 20 нм наблюдается вторичный минимум, вследствие чего коагуляция частиц термодинамически более выгодна, чем пептизация.

Анализ данных табл. 3 показывает, что действие сил молекулярного притяжения преодолевается только совместным действием сил электростатического и адсорбционно-сольватного факторов, так как сумма U_e и U_s больше U_m для всех расстояний между частицами. Теоретический расчет подтверждается следующими экспериментальными фактами. При отмывке меловой суспензии, стабилизированной СП СБ-3, дистиллированной водой pH уменьшается до значений 7–7,5, что меньше значений рК для фенольных гидроксигрупп [17]. При этом равновесие диссоциации смещается в сторону образования не диссоциированных молекул. Молекулы СБ-3 становятся электрически нейтральными и электростатический фактор стабилизации резко уменьшается. В тоже время наблюдается потеря агрегативной устойчивости и переход к бингамовскому характеру течения меловой суспензии. Увеличение pH суспензии до значений, превышающих рК гидроксигрупп, опять приводит к диссоциации молекул, возрастанию электростатического фактора устойчивости и, вследствие этого, к полной агрегативной устойчивости и ньютоновскому характеру течения суспензии. Этот переход из одного состояния системы в другое можно осуществлять многократно.

С другой стороны, исследование реологии меловой стабилизированной суспензии при различных температурах показало, что при повышении температуры пластическая вязкость монотонно уменьшается, в то время как в области температур 60–65 °С наблюдается значительное увеличение предельного напряжения сдвига. Потеря устойчивости водных дисперсий в этой области температур связывается авторами [18] с разрушением граничных гидратных слоев воды за счет увеличения интенсивности теплового движения молекул воды и резким снижением роли адсорбционно-сольватного фактора устойчивости.

Таким образом, механизм пластифицирующего действия исследованных СП заключается, по нашему мнению, в следующем. Молекулы СП адсорбируются на поверхности частиц, образуя мономолекулярный слой. Адсорбция СП

на поверхности частиц обеспечивается дисперсионными силами взаимодействия между системой ароматических колец СП и поверхностью частиц. При этом, поскольку СП являются анионноактивными веществами, заряд поверхности частиц становится более отрицательным, что приводит к увеличению сил отталкивания. Этому же способствует формирование гидратных слоев вокруг частиц вследствие наличия гидрофильных групп в молекулах СП. 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 СП во многом определяется природой гидрофильных групп, при этом наиболее эффективными являются гидроксильные группы. Как показали наши исследования, при адсорбции СП нельзя пренебрегать взаимодействием «адсорбат-адсорбат» на поверхности дисперсной фазы. Учет этого явления и правильный подбор индивидуальных компонентов позволяет получать ПФМ, обладающие ярко выраженным эффектом синергизма.

На основании проведенных экспериментальных исследований и анализа литературных данных можно сформулировать следующие положения о необходимых качествах СП:

1. Адсорбция СП осуществляется за счет дисперсионных сил притяжения. Для локализации молекул СП на поверхности частицы необходимо, чтобы молекула СП содержала систему связанных ароматических колец или сопряженных двойных связей.

2. Адсорбированные молекулы СП должны гидрофилизировать поверхность дисперсной фазы, для чего должны содержать по всей длине гидрофильные группы.

3. Пластифицирующая активность СП определяется поверхностной активностью на границе твердое тело-раствор и посадочной площадкой молекулы СП.

4. Молекулы СП должны создавать на поверхности частиц одноименный заряд, при этом электрокинетический потенциал модифицированных частиц должен быть не менее 30 мВ.

Заключение. Данная статья является попыткой обобщения и систематизации известных разработок в области модифицирования бетонных смесей и бетонов. Изложены результаты

исследований природы гидрофильных групп СП на их пластифицирующую активность. Теоретическими предпосылками исследований СП в технологии бетона являются основные положения теории синергизма композиций поверхностно-активных веществ, согласно которой вещества ПАВ, а следовательно, и свойства бетонных смесей и бетонов можно регулировать не только путем изменения химического строения, но и путем качественного и количественного сочетаний активных добавок органических полярных веществ различной молекулярной массы. Приведены экспериментальные данные, позволяющие сформулировать следующие положения:

- исследование влияния природы гидрофильных групп СП на его пластифицирующие свойства показало, что по сравнению с сульфогруппами гидроксильные группы за счет меньшей молекулярной массы и большей гидрофильности увеличивают пластифицирующую активность СП;

- ПФМ и СП СБ-3 в отличие от СП С-3, обладают некоторой поверхностной активностью на границе раствор-воздух, вследствие чего за счет увеличения воздухоовлечения на 0,5÷1,5% дополнительно увеличивают морозостойкость бетона как для литых, так и для равноподвижных составов, не оказывая при этом отрицательного воздействия на прочность бетона;

- показано, что при определенном соотношении СП с сульфо- и гидроксильными группами в ПФМ проявляется эффект синергизма, обусловленный аттракционным взаимодействием молекул на поверхности частиц. Разработаны ПФМ СБ-3+С-3 («Ренапласт») и СБ-3+ЛСТ, обладающие повышенной пластифицирующей активностью;

- показано, что увеличение агрегативной устойчивости минеральных суспензий и их переход в жидкообразное состояние при оптимальных дозировках СП обусловлено совместным действием электростатического и адсорбционно-сольватного факторов;

Выводы. 1. Исследования показали, что СП обладают поверхностной активностью на границе твердое тело-раствор, снижая поверхностное натяжение $\sigma_{т-ж}$. В то же время поверхностное натяжение на границе раствор-воздух может оставаться постоянным или несколько уменьшаться в зависимости от химического строения СП.

2. Адсорбция СП на дисперсной фазе суспензии обусловлена дисперсионными силами и, независимо от природы гидрофильных групп, носит мономолекулярный характер. Емкость монослоя и соответствующая ей равновесная концентрация СП зависят от природы гидро-

фильных групп и имеют наименьшие значения для гидроксильных групп.

3. При совместной адсорбции СП с разными гидрофильными группами вследствие взаимодействия «адсорбат-адсорбат» на поверхности частиц при определенных соотношениях индивидуальных компонентов проявляется эффект синергизма.

4. Адсорбция СП на частицах дисперсной фазы приводит к увеличению агрегативной устойчивости суспензии, которая становится предельно возможной после образования адсорбционного мономолекулярного слоя. Вследствие этого происходит пептизация агрегатов до первичных частиц и выделяется иммобилизованная вода.

5. При оптимальных дозировках СП предельное напряжение сдвига суспензии становится равным практически нулю, что обусловлено уменьшением энергии индивидуального контакта до энергии теплового движения. Пластическая вязкость суспензии уменьшается до некоторого значения, что связано с выделением иммобилизованной воды.

6. Показано, что увеличение агрегативной устойчивости и переход суспензии из структурированного в жидкообразное состояние при оптимальных дозировках СП обусловлено совместным действием электростатического и адсорбционно-сольватного факторов.

**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., Косухин А.М., Бабин А.А., Шаповалов Н.А. Модифицированные минеральные композиции для укрепления оснований автомобильных дорог // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №4. С. 25–27.
2. Baalbaki M. and Aitcin P.C. Superplasticizer // Cement Air-Entraining Agent Compatibility ACI Special Publication. 1994. 148 (September). S. 47–62.
3. Shapovalov N.A., Lomachenko V.A. and Latypova M.M. Plasticizing additives synthesized from by-products (bottoms) in the production of resorcinol // Наука – производству. 2001. 3: 20.
4. Косухин, М.М., Косухин А.М., Шаповалов Н.А. Композиционное вяжущее для высокоморозостойких дорожных бетонов //

Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 51–53.

5. Pivinskii, Yu.E., Ermak Yu.N., Cherevatova A.V., Shapovalov N.A. The effect of thinning agents on rheological and technological properties of the bauxite hcbs system // Refractories and Industrial Ceramics. 2003. 44 (3). P. 169–174.

6. Shapovalov, N.A., A.A. Slyusar' and O.A. Slyusar', 2006. The effect of oligomeric electrolytes on the aggregative stability and rheological properties of aqueous mineral suspensions. Colloid Journal, 68 (3): 350–356.

7. Shapovalov, N.A., Slyusar A.A., Poluektova V.A., Slyusar O.A. Dilution of ceramic slip using complex additives // Glass and Ceramics, 2005. 62. (7-8). P. 253–254.

8. Samir Bouharoun, Yannick Vanhove, Chafika Djelal, Pascale De Caro, Isabelle Dubois, Interactions between Superplasticizer and Release Agents at the Concrete. Formwork Interface. Materials Sciences and Applications. 2012. 3. P. 384–389.

9. Косухин М.М., Шаповалов Н.А. Теоретические аспекты механизма действия суперпластификаторов // Бетон и железобетон. №3. С. 25–27.

10. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными добавками с разными гидрофильными группами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. 194 с.

11. Заславский И.И. Основы теории крашения и ионогенными красителями. М.: «Легпромбытиздат», 1989. 144 с.

12. Адам Н.К. Физика и химия поверхностей. М.-Л. 1947. 552 с.

13. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 348 с.

14. Daimon M., Roi D. Reological properties cement mixes. II. zeto-potential 'and preliminary viscosity studies // Cement and Conerete Res. 1979. 1. P. 103-109.

15. Фролов Ю.Г., Гродский А.С., Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. М.: Химия, 1986. 216 с.

16. Неппер Д. Стабилизация коллоидных дисперсий полимерами. М.: Мир, 1986. 487 с.

17. Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры. Л.: «Химия», 1971. 192 с.

18. О седиментационной устойчивости дисперсий графита в водных растворах капролактама / А.С. Гродский, Ю.Г. Фролов, В.М. Ревезенский, Л.В. Алексеева и др. // Коллоидн. журнал. 1983. Т. 45 (3). С. 549–552.

Kosukhin M.M., Hahaleva E.N., Bogacheva M.A., Kosukhin A.M., Chaikina E.E.**THE RESEARCH OF INFLUENCE OF HYDROPHILIC GROUPS OF POLYFUNCTIONAL MODIFIERS' COMPONENTS ON THEIR PLASTICIZING ACTIVITY AND SYNERGETIC EFFICIENCY**

The findings of the known research in the sphere of concretes and concrete mixes modification have been summarized and systematized; there have been also presented the findings of researching the influence of hydrophilic groups of superplasticizers on their plasticizing activity, which demonstrate that a superplasticizer's plasticizing activity depends on their chemical structure, the superplasticizer's adsorption on the disperse phase particles results in the increase of a suspension's aggregative stability, which becomes marginal after the adsorption monomolecular layer formation. Due to this the aggregates are peptized to primary particles and the immobilized water is segregated. It has been shown that due to smaller molecular weight and higher hydrophility in comparison with sulfogroups the hydroxyl groups increase the plasticizing activity of superplasticizers. There have been presented the experimental data, which confirm that at a certain ratio of superplasticizer with sulfogroups and hydroxyl groups in a polyfunctional modifier (PFM) the synergism effect takes place, which is conditioned by the attraction interaction of molecules on the disperse phase particles' surface. On the basis of the carried-out experimental research and the literature data analysis the statements about the required superplasticizers' properties have been formulated.

Key words: concrete modifiers, polyfunctional modifiers, plasticizing activity, adsorption-active groups, aggregative stability, rheological properties, adsorption, peptization, monomolecular layer, electrokinetic potential, synergism effect.

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

Хахалева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов

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

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

E-mail: hahaleva@intbel.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: ermolau@yandex.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.,
Павленко З.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ*

yrndo@mail.ru

В работе рассмотрены структурно-фазовые превращения в двухкомпонентных железооксидных системах при высокотемпературном воздействии, на примере трехвалентного оксида железа и оксидов кальция и кремния, являющимися одними из основных компонентов цементных связующих. С учетом состава радиационно-защитного композита рассмотрены соотношения $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{CaO}=1:4$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:8$. Структурно-фазовые превращения в Fe_2O_3 в широком температурном интервале способствовали интенсификации твердофазового взаимодействия Fe_2O_3 с компонентами композиционной смеси: влияние кальцита на структуру Fe_2O_3 проявлялось при 700 °С, это приводило к образованию монакальцевого феррита, который по мере обогащения системы CaO (800–960 °С) переходил в двухкальцевый феррит. Ионы кальция способствовали стабилизации $[\text{Fe}^{+3}\text{O}_4]$ -координационной формы в интервале 500–1000 °С, структура образующихся ферритов была неоднородной; в системе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ происходило образование твердого раствора внедрения гематита в кремнезем в широком температурном интервале (900–1300 °С). До 1300 °С в данной системе химический соединений не обнаружено.

Ключевые слова: оксиды железа, гематит, двухкомпонентные системы, оксид кальция, оксид кремния, термическое воздействие, структурно-фазовые превращения.

Введение. Для обеспечения безопасности эксплуатации ядерных реакторов АЭС и ядерных энергетических установок (ЯЭУ) требуются материалы не только с высокой поглощающей способностью гамма- и нейтронного излучения, но и возможностью длительной эксплуатации при высоких радиационно-термических нагрузках без изменения физико-механических и радиационно-защитных свойств. В этом направлении широкое применение нашли железооксидные материалы на основе обогащенных железорудных концентратов КМА, обладающие за счет повышенного содержания атомов железа высокими радиационно-защитными свойствами по отношению к гамма излучению [1].

Другой особенностью оксидов железа является их реакционно-способность и возможность образования новых фаз с компонентами цементных связующих радиационно-защитных композитов при радиационно-термическом воздействии, за счет разогрева материала при поглощении высоких доз гамма излучения. Это свойство железооксидных материалов наиболее ценно при создании несущих конструкционных материалов радиационной защиты, подверженных одновременному воздействию физико-механических и термических нагрузок [2].

В связи с этим, в данной работе авторами рассмотрены структурно-фазовые превращения в двухкомпонентных железооксидных системах при высокотемпературном воздействии, на при-

мере трехвалентного оксида железа и оксидов кальция и кремния, являющимися одними из основных компонентов цементных связующих.

Методика. Для исследований использовался высушенный при 110 °С оксид железа в виде альфа формы гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с содержанием основного компонента 98,3 % и межплоскостным расстоянием 2,706; 2,522; 2,212; 1,845; 1,692; 1,48; 1,49 Å. С учетом состава радиационно-защитного композита рассмотрены соотношения $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{CaO}=1:4$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:8$. Исследования проводились методами рентгенофазового анализа (РФА), ИК-спектроскопии и термogravиметрическим методом (ДТА и ДТГ).

Основная часть. Твердофазовое взаимодействие в смеси начиналось около 500 °С. Интенсивность отражений в РФА для кальцита (d/n , Å 2,501; 2,287; 2,094; 3,038) и гематита (d/n , Å 2,522; 1,475) снижалась, а потеря массы смеси при 500 °С возрастала. В связи с тем, что диссоциация кальцита при этой температуре практически не наблюдается [3], потеря массы смеси может быть вызвана началом протекания реакции образования монакальцевого феррита:



Термодинамически реакция (1) в указанных условиях возможна ($\Delta G_{500} = -34,5$ КДж/моль) и с повышением температуры вероятность ее возрастает.

Анализ ИК-спектров подтверждает проте-

кание твердофазового взаимодействия в смеси при 500 °С и существенное влияние кальцита на структуру Fe_2O_3 . Так полосы поглощения при 520 и 450 см^{-1} , наблюдаемые для термообработ

танного при 500°С гематита, смещались соответственно до 540 и 475 см^{-1} , что связано с уменьшением межатомных расстояний связи Fe-O (рис. 1).

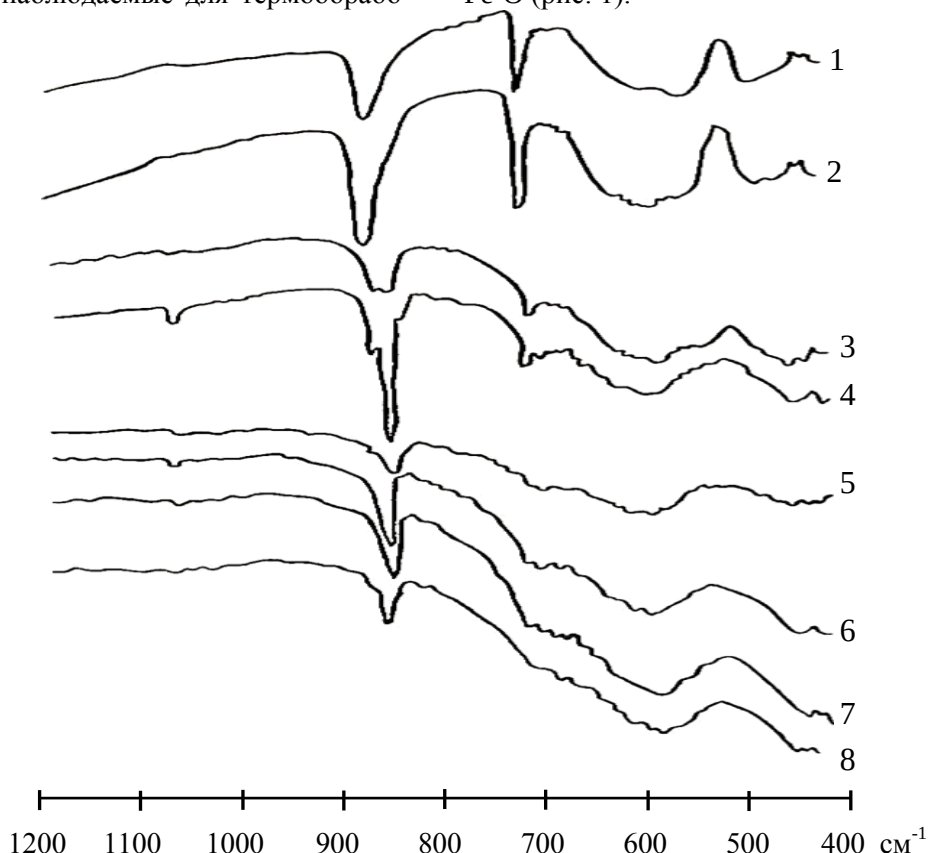


Рис. 1. ИК-спектры системы $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$: 1 – 500 °С; 2 – 600 °С; 3 – 700 °С; 4 – 800 °С; 5 – 900 °С; 6 – 1000 °С; 7 – 1100 °С; 8 – 1200 °С

Обращает на себя внимание тот факт, что взаимодействие оксида железа с кальцитом происходило в период полиморфного превращения $\gamma \rightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (500 °С).

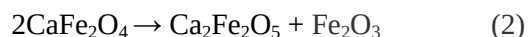
При температуре выше 650 °С начинался процесс диссоциации кальцита, который интенсивно протекает при 800–900 °С. По данным ДТА максимальная скорость диссоциации CaCO_3 наблюдается при 880 °С (рис. 2) и завершается при 960 °С. При этом полоса поглощения $[\text{CO}_2^-]$ при 870 см^{-1} отсутствует.

Реакции образования ферритов кальция значительно интенсифицировались в интервале 800–1000 °С. В этом же интервале температур происходило изменение окраски образцов от красно-бурой до светло-коричневой.

По данным ИК-спектроскопии ферритные фазы, полученные при 800–900 °С неоднородны, с разупорядоченной структурой, что наблюдалось до 1000 °С. При более высоких температурах (1100–1200 °С) структура ферритов становилась более однородной.

Гематит полностью вступал в химическое взаимодействие с кальцитом и оксидом кальция при 1000–1100 °С. Повышение температуры до 1200 °С приводило к возможной ферритизации

системы - выделению Fe_2O_3 . На кривой ДТА в области 1150–1200 °С наблюдался эндотермический эффект, который может быть вызван incongruentным плавлением остатка CaFe_2O_4 , с выделением гематита [4]:



Таким образом, в системе $\text{CaCO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ образование ферритов кальция происходит в широком температурном интервале от 500 до 1100 °С (табл. 1).

Первичным продуктом являлся монокальциевый феррит CaFe_2O_4 , который образовывался в интервале 500–700 °С в результате взаимодействия Fe_2O_3 с кальцитом. В интервале 700–800 °С происходило взаимодействие CaO с Fe_2O_3 с образованием CaFe_2O_4 . При обогащении системы CaO (800–1000 °С) синтезировался двухкальциевый феррит $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$.

В интервале 500–1000 °С структура ферритов неоднородна, имелись $[\text{FeO}_4]$ и $[\text{FeO}_6]$ -группировки с преобладанием тетраэдрической координационной формы. В интервале 1000–1200 °С структура ферритов становилась более упорядоченной.

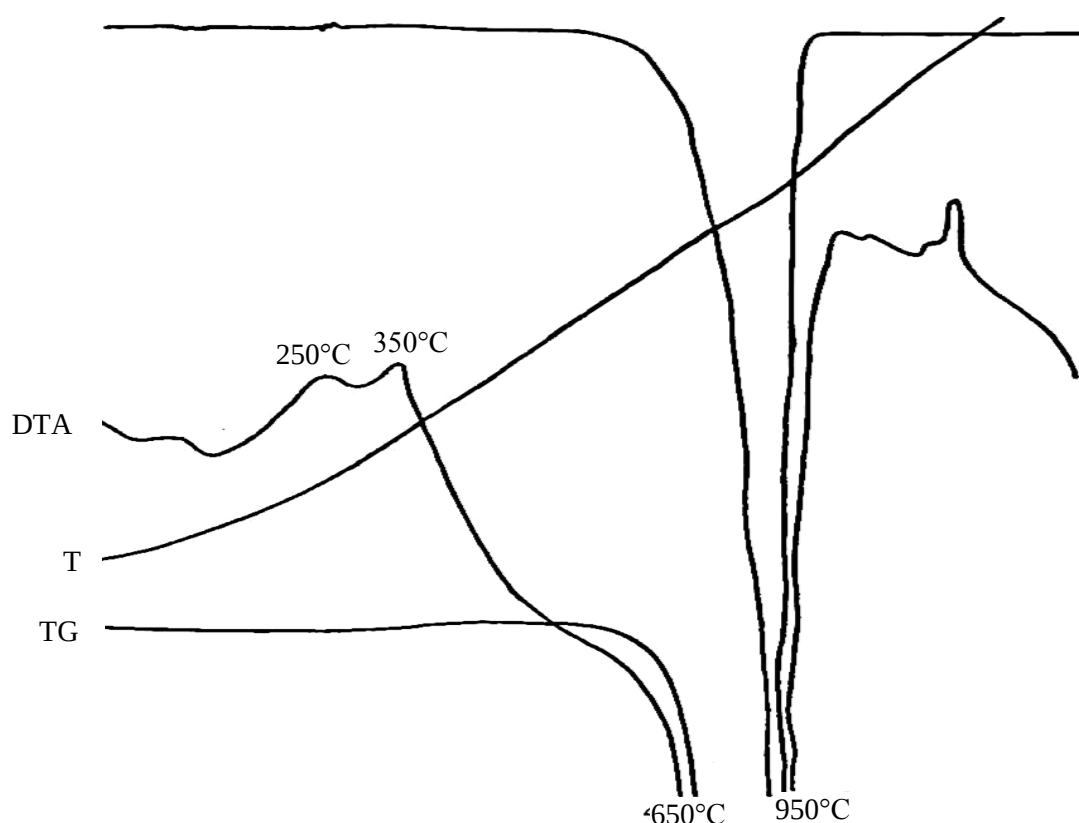
Рис. 2. Дифференциально-термический анализ $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$

Таблица 1

Схема процессов, происходящих в системе $\text{CaCO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при нагревании

Процессы	Температура, °C
Начало твердофазового взаимодействия	500
Полиморфное превращение $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	500
Интенсивное образование монакальциевого феррита	500–700
Начало диссоциации CaCO_3	650
Магнитное превращение $\gamma \leftrightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	660
Максимальная скорость диссоциации CaCO_3	880
$\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{CaFe}_2\text{O}_4$	700–800
$2\text{CaCO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 + \text{CO}_2$	700–800
$2\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$	800–1000
Полное химическое связывание Fe_2O_3	1100

Система $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ имеет ограниченное самостоятельное значение, но очень важна как составная часть многокомпонентных систем. В исследуемой системе нет химических соединений и взаимодействие компонентов отсутствует [5]. В ней не образуется заметное количество твердых растворов.

Представляет интерес при помощи ИК-спектроскопии проследить изменение структуры кварца в присутствии гематита в процессе термообработки компонентной смеси.

В исходном спектре наблюдались полосы поглощения при 1170, 1075 см^{-1} , дублетная полоса 800–780 см^{-1} , полосы при 690, 525 и

460 см^{-1} , характерные для валентных и деформационных колебаний Si-O-Si и O-Si-O связей в кремнекислородном тетраэдре $[\text{SiO}_4]$. Полосу при 780 см^{-1} приписывают [6] наличию гексагональных колец из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$, характерных для β -кварца (рис. 3).

Структурные изменения силоксановой связи происходили при температуре выше 500 °C. С одной стороны, это вызвано полиморфным превращением $\beta \leftrightarrow \alpha$ кварца при 575 °C (эндоэффект на кривой ДТА рис. 4), которое сопровождается заметным объемным эффектом и увеличением размеров пустот в структуре кварца. С другой стороны, в интервале 500–900 °C проис-

ходили активные структурно-фазовые и магнитные перестройки атомов железа в Fe_2O_3 . Так как структурные перестройки в кварце не завершались при 575°C и продолжались при более вы-

соких температурах, это должно приводить к проявлению эффекта Хедвала, связанного с повышенной реакционной способностью твердых тел во время полиморфных превращений.

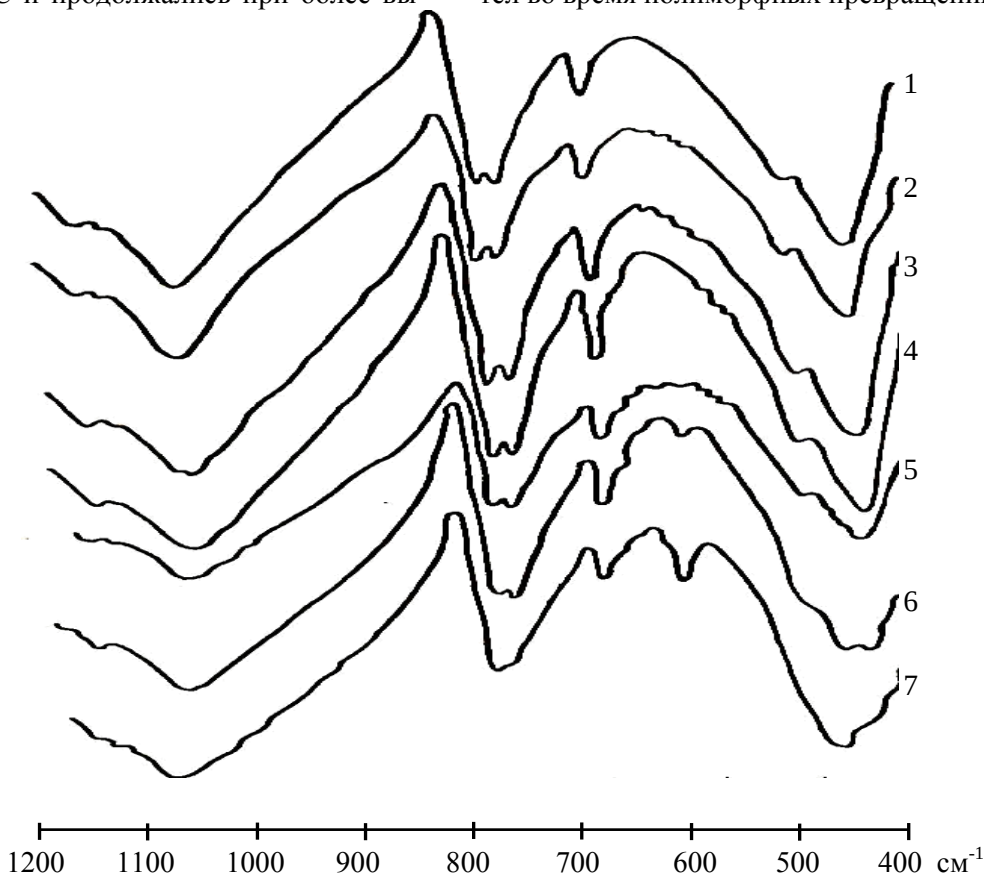


Рис. 3. ИК-спектры образцов системы $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$: 1 – 500°C ; 2 – 700°C ; 3 – 900°C ; 4 – 1000°C ; 5 – 1100°C ; 6 – 1200°C ; 7 – 1300°C

В результате проведенных исследований установлено, что определенное твердсфазовое взаимодействие Fe_2O_3 с SiO_2 имело место. Так в интервале $900\text{--}1300^\circ\text{C}$ происходило уменьшение интенсивности полосы поглощения при 780 см^{-1} , а основная полоса мостиковых колебаний связей Si-O в области $1100\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ (максимум поглощения 1075 см^{-1}) уширялась (рис. 3).

Зафиксированные изменения в ИК-спектре смеси могут быть результатом миграции ионов Fe(III) из обменных позиций оксида железа в структуру кремнезема, так как в индивидуальном кремнеземе отмеченные изменения в ИК-спектре не обнаружены. Вхождение ионов Fe(III) в силикатную сетку возможно как в вакантные позиции в структуре нагретого кварца, так и в позицию $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдров, замещая их на $[\text{FeO}]$ -тетраэдры. В качестве компенсатора заряда тетраэдра $[\text{FeO}_4]$ может выступать шестикоординированный ион Fe(III) .

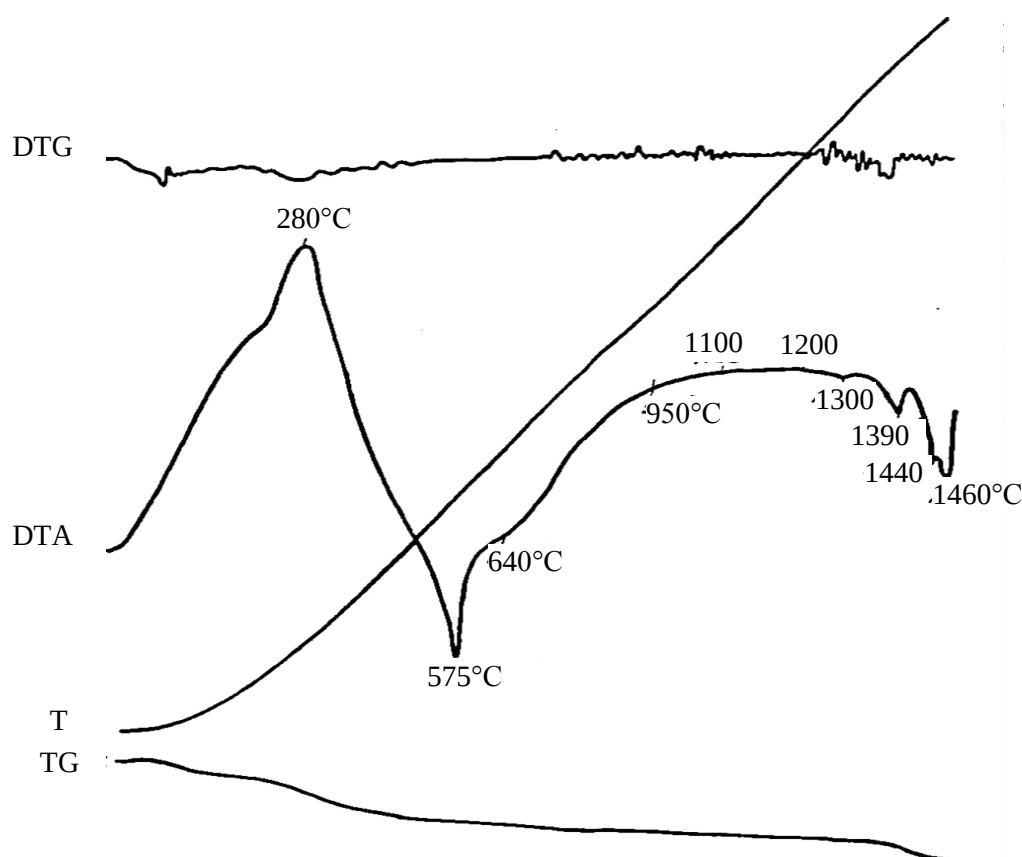
Более уширенный характер полосы в области $1100\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ может указывать на образование железосодержащих комплексокластеров. Предполагаемый кластер может

быть построен и вписан в силикатную сетку по схеме:



Кластерообразованию могут способствовать отмеченные в гематите при 850°C структурные перестройки атомов железа в $[\text{FeO}_6]$ -позиции.

В интервале $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ максимум основной полосы поглощения 1075 см^{-1} смещался в высокочастотную область к 1090 см^{-1} т.е., согласно [7], происходило возрастание степени полимеризации кремнекислородного каркаса. При $1100\text{--}1300^\circ\text{C}$ в области $500\text{--}400\text{ см}^{-1}$ полоса поглощения уширялась; происходило формирование полос при $475\text{--}420\text{ см}^{-1}$, которые указывали на различную симметрию ионов Fe(III) в $[\text{FeO}_6]$ -октаэдрах. Кроме того, в ИК-спектре смеси, термообработанной при $700\text{--}1100^\circ\text{C}$, зафиксированы слабые полосы поглощения в области $650\text{--}550\text{ см}^{-1}$, которые относят к тетраэдрическим группам железа $[\text{FeO}_4]$. При этом линия 580 см^{-1} характерна для магнетита. При высоких температурах магнетит не проявлялся.

Рис. 4. Дериватограмма образца системы $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Начиная с 1100 °С происходило формирование кристобалита (полоса поглощения 625 см^{-1} и отражение $d/n=4,04\text{ Å}$). Одновременно с формированием кристобалита шло уменьшение содержания Fe_2O_3 (основная линия $3,71\text{ Å}$ в РФА уменьшалась ~в два раза). Следовательно, можно предположить, что Fe_2O_3 выполнял модифицирующую роль при формировании кристобалита и образовании твердых растворов.

Таким образом, в исследуемой системе установлено, что твердофазовые взаимодействия

между Fe_2O_3 и SiO_2 приводили к образованию твердых растворов внедрения гематита в кремнезем в широком температурном интервале (900–1300 °С) (табл. 2). Подтверждено, что до 1300 °С в данной системе химических соединений не обнаружено. Формирование кристобалита для данного состава смеси происходило выше 1000 °С с одновременным уменьшением содержания Fe_2O_3 , что подтверждает образование твердых растворов и указывает на модифицирующую роль оксида железа.

Таблица 2

Схема процессов, происходящих в системе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ при нагревании

Процессы	Температура, °С
Полиморфное превращение $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	500
Полиморфное превращение кварца $\beta \leftrightarrow \alpha\text{-SiO}_2$	575
Магнитное превращение маггемита $\gamma \leftrightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	660
Переход $\gamma \rightarrow \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	760, 850
Образование активного комплекса-кластера $\text{SiO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow [\text{SiO}_{4/2}]^0 + 3[\text{FeO}_{4/4}]^- + \text{Fe(III)}$	500–900
Взаимодействие кластера с кварцем	700–900
Образование магнетита	1000–1100
Образование кристобалита	1100–1300
Внедрение $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в SiO_2 (кр.) с одновременным изменением их кристаллографических параметров	1200–1300

Выводы. Исследованы структурно-фазовые превращения в двухкомпонентных железооксидных системах при высокотемпературном воздействии, на примере трехвалентного

оксида железа и оксидов кальция и кремния, являющимися одними из основных компонентов цементных связующих. С учетом состава радиа-

ционно-защитного композита рассмотрены соотношения $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{CaO}=1:4$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=1:8$.

Структурно-фазовые превращения в Fe_2O_3 в широком температурном интервале способствовали интенсификации твердофазового взаимодействия Fe_2O_3 с компонентами композиционной смеси: влияние кальцита на структуру Fe_2O_3 проявлялось при 700 °С, это приводило к образованию монакальцевого феррита, который по мере обогащения системы CaO (800–960 °С) переходил в двухкальцевый феррит. Ионы кальция способствовали стабилизации $[\text{Fe}^{+3}\text{O}_4]$ -координационной формы в интервале 500–1000 °С, структура образующихся ферритов была неоднородной; в системе $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ происходило образование твердого раствора внедрения гематита в кремнезем в широком температурном интервале (900–1300 °С). До 1300 °С в данной системе химический соединений не обнаружено.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ястребинский Р.Н., Бондаренко Г.Г., Павленко В.И. Ослабление фотонного и нейтронного излучения железо-магнетито-серпентинитовым радиационно-защитным композитом // Перспективные материалы. 2016. № 10. С. 31–36.
2. Yastrebinskii R.N., Bondarenko G. G., Pavlenko V.I. Radiation resistance of structural radiation-protective composite material based on magnetite matrix // Inorganic Materials: Applied Research. 2016. Vol. 7. №. 5. Pp. 718–723.
3. Иванов В.П. Термический анализ минералов и горных пород. Л.: Недра, 1994, 399 с.
4. Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. М.: Стройиздат, 1997, 40 с.
5. Торопов Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем / Л.: Наука, 1989, 822 с.
6. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. М.: МГУ, 1997, 173 с.
7. Мороз И.Х. Масленникова Г.Н. Термические превращения кремнезема // Стекло и керамика. 2005. №12. С. 21–23.

Yastrebinsky R.N., Pavlenko Z.V.

STRUCTURAL AND PHASE TRANSFORMATIONS IN TWO-COMPONENT IRON OXIDIC SYSTEMS AT RADIATION AND THERMAL INFLUENCE

In work structural and phase transformations in two-component iron oxidic systems at high-temperature influence are considered, on the example of trivalent oxide of iron and oxides of calcium and silicon, by the being one of the main components of cement binding. Taking into account structure of a radiation protective composite ratios of $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{CaO}=1:4$ and Fe_2O_3 are considered: $\text{SiO}_2=1:8$. Structural and phase transformations into Fe_2O_3 in a wide temperature interval promoted an intensification of interaction of the firm phases Fe_2O_3 with components of composite mix: influence of calcite on structure of Fe_2O_3 was shown at 700 °С, it led to formation of monocalcic ferrite which in process of enrichment of the CaO system (80–960 °С) passed into two-calcic ferrite. Ions of calcium promoted stabilization $[\text{Fe}^{+3}\text{O}_4]$ - a coordination form in the range of 50–1000 °С, the structure of the formed ferrite was non-uniform; in the $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ system there was a formation of solid solution of introduction of hematite in silicon dioxide in a wide temperature interval (900–1300 °С). To 1300 °С in this system chemical connections aren't revealed.

Key words: iron oxides, hematite, two-component systems, calcium oxide, silicon oxide, thermal influence, structural and phase transformations

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 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: belpavlenko@mail.ru

Мирошникова Ю.В., магистрант,
Мирошникова О.В., магистрант,
Класен В.К., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕННЫХ В СЫРЬЕВОЙ ШЛАМ УГЛЕОТХОДОВ НА КАЧЕСТВО ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

mirosh27@mail.ru

В статье рассматривается рациональный способ использования углеотходов при производстве цемента по мокрому способу. Выгорающие добавки целесообразно вводить при помоле сырьевого шлама, так как при этом улучшаются следующие показатели: повышаются производительность сырьевых и цементных мельниц и качество клинкера, снижаются влажность шлама и расход технологического топлива.

Ключевые слова: клинкер, выгорающая добавка, экономия топлива, качество.

Введение. Ранее было установлено, что согласно теплотехническим расчетам максимальное количество вводимого горючего вещества с углеотходами в сырьевой шлам при мокром способе производства цемента может составить не более 3 % [1, 2]. Это позволяет обеспечить экономии около 25% основного технологического топлива, а также уменьшить расход электроэнергии на помол сырья и цемента и снизить влажность шлама [3–13]. Кроме того, при этом наблюдается повышение качества клинкера.

Вследствие этого, целью данной работы является выявление причин увеличения активности клинкера при введении углеотходов в исходную сырьевую смесь.

Характеристика исходных материалов. В качестве исходных материалов применялись высушенный шлам и сырьевые компоненты Осколцемент и углеотходы шахты «Обуховская». Химические составы компонентов, смесей и клинкера приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав сырьевых компонентов, смесей и клинкера

Компонент			Содержание оксидов, %				
			CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ППП
Шлам Осколцемент			42,88	13,89	3,67	2,65	35,58
Углеотходы			2,45	21,16	9,07	3,44	60,4
Сырьевая смесь			33,29	9,85	3,88	2,77	49,74
Соотношение компонентов и характеристика клинкера, %							
Смеси	ГВ	Мел	Огарки	Зола	Смесь	Сумма	
№1	0	0	0	0	100	100	
№2	0,5	1,30	0,03	0,83	97,83	100	
№3	1,5	3,90	0,10	2,5	93,50	100	
№4	3	7,79	0,21	5	87,00	100	
Клинкер	КН	N	P	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
	0,92	1,39	2,11	64	14	8	13

На основе этих компонентов были рассчитаны и приготовлены сырьевые смеси № 2, 3 и 4 с добавлением 0,5 %; 1,5 % и 3 % углеотходов в пересчете на горючее вещество (ГВ) и контрольная сырьевая смесь №1 без углеотходов. Из-за большой зольности углеотходов производилась корректировка сырьевых смесей. Минералогический состав клинкера, при различном количестве введенных в сырьевую смесь углеот-

ходов, по данным рентгенофазового анализа также практически не отличается (рис. 1).

Зависимость гидравлической активности клинкера от горючей добавки в сырье. Для определения прочностных характеристик цемента сырьевые смеси обжигались при температуре 1400 °С с выдержкой 40 минут. Полученный клинкер измельчался с добавлением 5 % гипса до удельной поверхности 380 ± 10 м²/кг.

Прочность на сжатие определялась в малых образцах, размером $1,41 \times 1,41 \times 1,41$ см, приготовленных из цементного теста без песка при водоцементном отношении, равном 0,28.

На рис. 2 приведена зависимость активности клинкеров в 1-е, 2-е, 7-е и 28-е сутки твердения от содержания горючего вещества в исходной сырьевой смеси. Приведенные данные свидетельствуют, что, несмотря на практически одинаковый химический и фазовый состав, клинкер, полученный из сырьевой смеси с добавкой горючего вещества, обладает повышенной активностью во все сроки твердения. Причем, особенно большая разница наблюдается в первые сутки твердения, где гидратационная прочность клинкера, полученного из сырья с ГВ, превосходит рядовой на 66 и 141 %. Через 28 суток твердения эта разница составляет всего 8 и 17 %. Эти данные свидетельствуют, что залог высокой прочности цементного камня закладывается в начальные сроки твердения.

Влияние выгорающей добавки в сырье на гидратацию цемента. Для того чтобы рассмотреть возможные причины изменения активности клинкера в зависимости от содержания горючего вещества в исходной смеси, были проведены рентгенофазовый (РФА) и комплексный

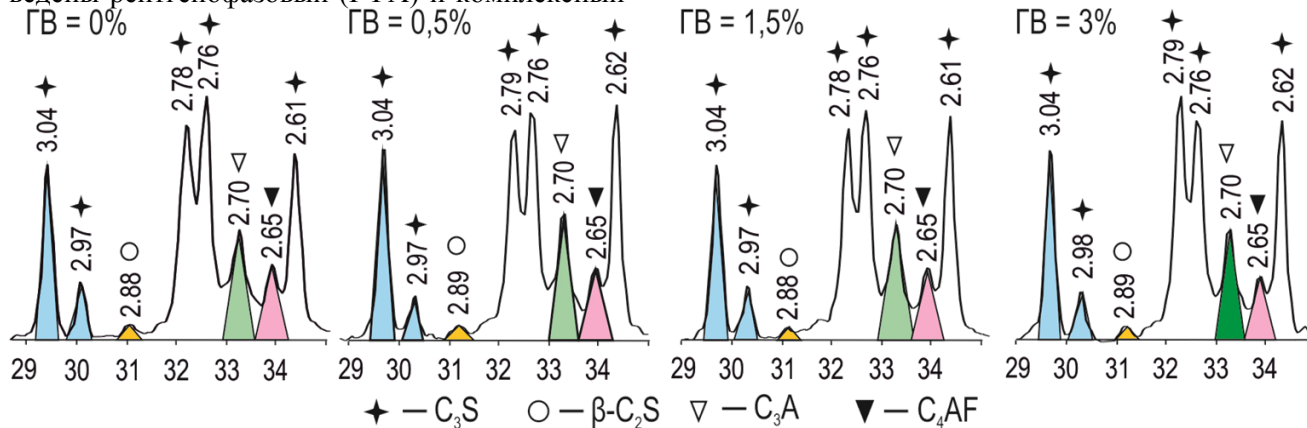


Рис. 1. Фазовый состав клинкера при различном содержании углеотходов в сырье

Согласно рентгенограммам можно заключить, что в процессе гидратации достаточно наглядно проявляются такие новые фазы как портландит — $\text{Ca}(\text{OH})_2$, эттрингит — $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ и гидросиликаты — $(\text{C}_n\text{S}_m\text{H}_p)$, преимущественно тоберморитового состава. Причем, по результатам РФА гидратированных в 2-е и 28-м суток цементов не замечена существенная разница как в составе новых гидратных фаз, так и степени гидратации.

Термограммы продуктов гидратации цемента имеют определенные отличительные признаки (рис. 4). Так, на термограммах твердевшего в течение 1 и 2 суток цемента проявляются существенные различия в области $700 \dots 1000$ °С для

термический (КТА) анализы гидратированных цементов в различные сроки твердения (рис. 3, 4).

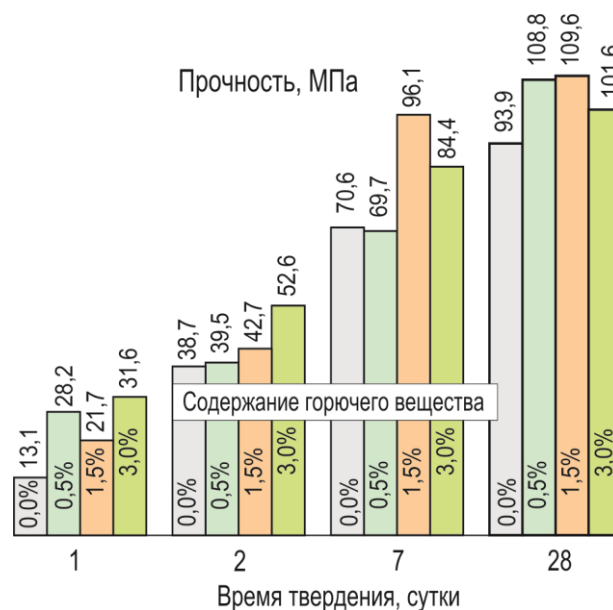


Рис. 2. Изменение активности клинкера от содержания углеотходов в смеси

клинкера, полученного из сырья с максимальной добавкой горючего вещества (3 %) и имеющие в эти сроки максимальную активность. Причем, при значительных отличиях кривых ДТА, практически по данным кривых TG в этой области не наблюдается разница в изменении массы вещества. Следовательно, эти явления связаны с изменением структуры цементного камня и вероятнее всего вызваны с перекристаллизацией цементной системы, в том числе с участием с коллоидной фазы. Ранее в работах [1, 3–6] было установлено, что прочность цементного камня может определяться формированием структуры системы на начальной стадии твердения.

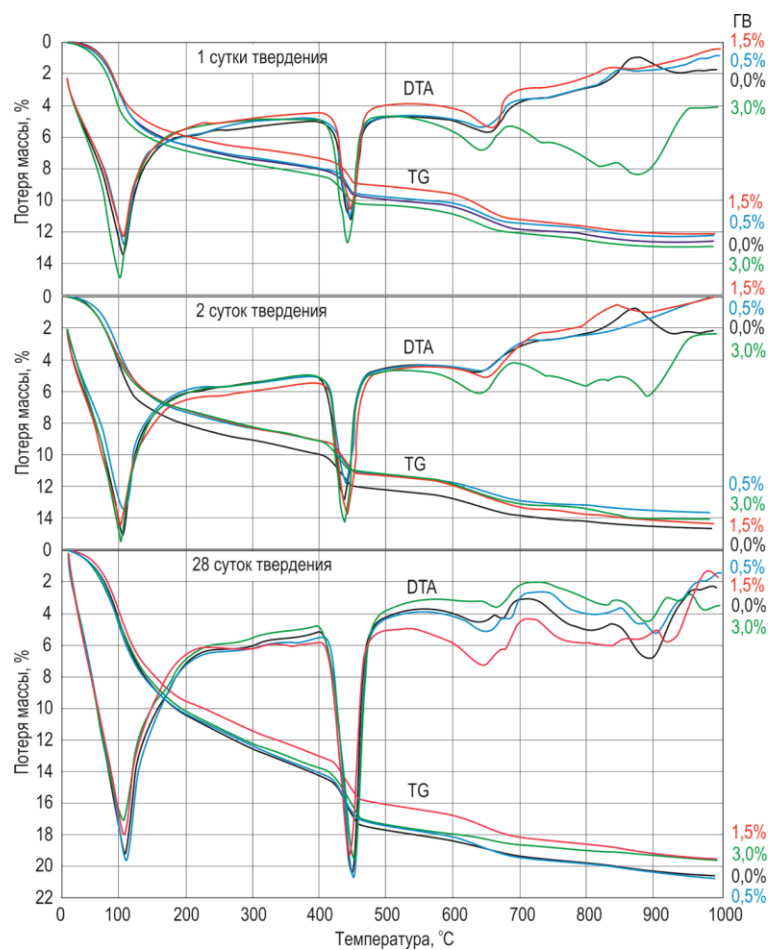
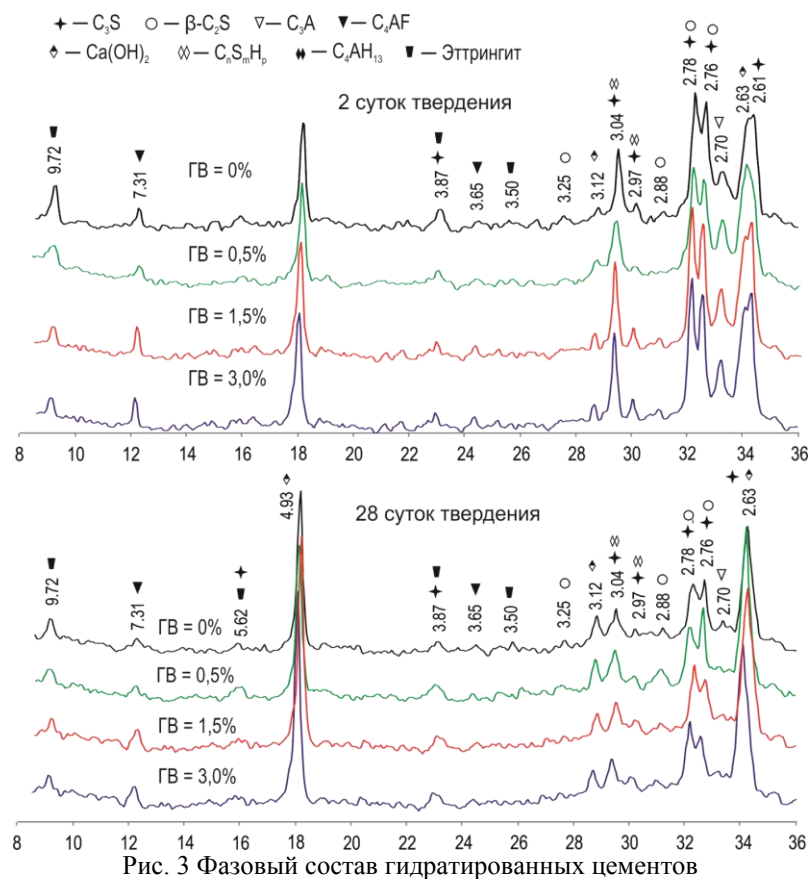


Рис. 4. Степень гидратации цемента по данным КТА в различные сроки твердения в зависимости от содержания горючих веществ в сырьевой смеси

Эти предположения согласуются с процессами гидратации в 1-е сутки твердения, которые свидетельствуют, что более высокая прочность цементного камня совпадает с более интенсивной гидратацией на начальном этапе твердения (рис. 5).

Причину приведенного процесса можно объяснить микроструктурой клинкера (рис. 6). При введении в сырьевую смесь горючего вещества, которое при высокой температуре способно выгорать и, тем самым, создавать в обжигаемой системе неравномерное температурное поле и, следовательно, обеспечивать формирование отдельных клинкерных фаз с различными свойствами, как по активности к процессу гидратации, так и по размерам кристаллов. Естественно, это должно приводить к созданию различной

структуры цементного камня и, как следствие, к различной его прочности.

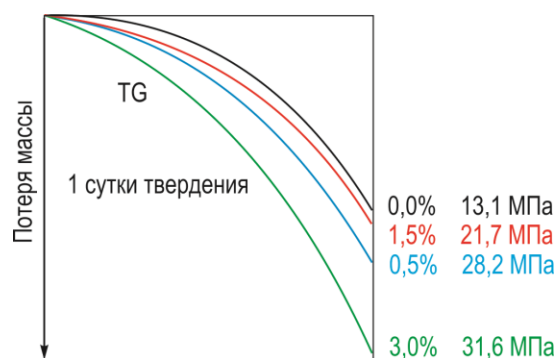


Рис. 5 Фрагмент начального участка кривых TG при различном содержании ГВ в сырьевой смеси

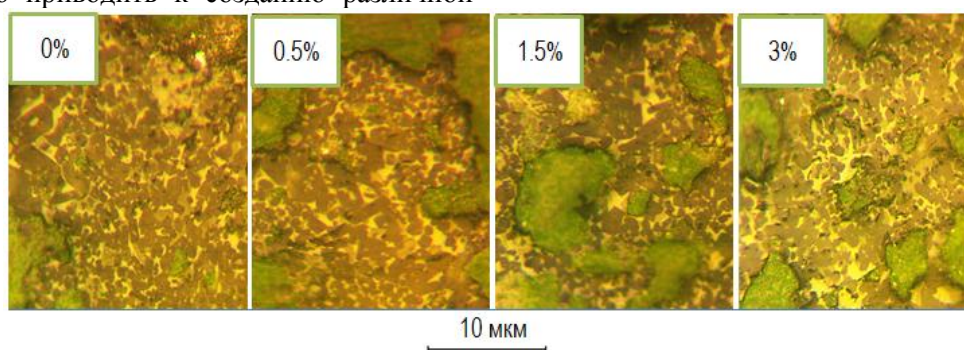


Рис. 6. Зависимость микроструктуры клинкера от содержания в сырьевой смеси горючего вещества

Выводы:

1. Горючая составляющая углеотходов в исходной сырьевой смеси помимо экономии основного технологического топлива при мокром способе производства цемента обеспечивает дополнительно снижение влажности шлама, повышение производительности сырьевых и цементных мельниц и активности клинкера.

2. Причиной повышенной активности клинкера является формирование клинкерных фаз с различными свойствами вследствие переменного температурного поля в системе из-за локального выгорания углеотходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 126 с.
2. Мирошникова Ю.В., Мирошникова О.В. Углеотходы, как альтернативное топливо при производстве цемента / Образование, наука, производство: сб. материалов конф. VII Международный молодежный форум // БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 115–120.

3. Пьячев В.А. Углеотходы – ценное сырье для производства цемента // Изв. вузов. Горный журнал. 1998. №3-4. С.64–74.

4. Лугинина И.Г., Ибатулина Л.Х., Мошкин О.Д., Сугралинов М.С. Применение отходов угледобычи для производства цемента // Цемент. 1983. №1. С. 6.

5. Шубин В.И. Применение техногенных материалов, в том числе и горючих отходов при производстве цемента // Цемент Информ. 2014. №1. С. 3–8.

6. Мандрикова О.С., Борисов И.Н. Применение топливосодержащих отходов в производстве цемента // Цемент Информ. 2014. №1. С. 9–11.

7. Кузнецова Т.В., Тандилова К.Б., Кавсадце Ц.Э. Отходы углеобогащения в производстве цемента // Цемент. 1989. №12. С. 15–16.

8. Уфимцев В.М., Капустин Ф.Л., Пьячев В.А. Техногенное сырье в производстве цемента: вчера, сегодня, завтра // Технология бетонов. 2012. №1/2. С. 22–25.

9. Скупин Л. Использование альтернативных видов топлива // Цемент. 2013. №4. С. 130–132.

10. Айхас К., Виноградов К.А., Корнеев В.В. Предварительное технико-экономическое

обоснование по организации комплексного предприятия по подготовке отходов для утилизации в производстве цемента // Цемент Информ. 2014. №1. С. 34–38.

11. Кривобородов Ю.Р., Бурлов И.Ю., Бурлов Ю.А. Применение вторичных ресурсов для получения цементов // Строительные материалы. 2009. №8. С. 44–45.

12. Лугинина И.Г., Ибатулина Л.Х., Мошкин О.Д., Сугралинов М.С. Применение отходов угледобычи для производства цемента // Цемент. 1983. №1. С. 6.

13. Крапля А.Ф., Уполовников А.Б., Цванг А.С. Применение углеотходов и повышение качества клинкера // Цемент. 1989. №12. С. 12–13.

Miroshnikova Y.V., Miroshnikova O.V., Klassen V.K.

THE IMPACT INTRODUCED RAW SLURRY OF COAL CONSUMPTION FOR THE CEMENT CLINKER QUALITY

The article deals with a rational way to use waste coal in cement production by the wet process. The burnout additives advantageously introduced in the grinding of raw slurry, as this improved the following indicators: increased productivity of raw and cement mills and clinker quality, reduces wet slurry and consumption of technological fuel.

Key words: *clinker, burnout additive, fuel economy, quality*

Мирошникова Юлия Викторовна, магистрант.

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

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

E-mail: mirosh27@mail.ru

Мирошникова Оксана Викторовна, магистрант.

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

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

E-mail: mirosh21@mail.ru

Кlassen Виктор Корнеевич, доктор технических наук, профессор.

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

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

E-mail: klassen.vk@yandex.ru

Павленко В.И., д-р техн. наук, проф.,
Черкашина Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Ястребинская А.В., канд. техн. наук, доц.,
Толыпина Н.М., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ НЕЙТРОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА*

natalipv13@mail.ru

В данной работе представлены данные по физико-математическому расчету нейтронно-защитных свойств композиционного материала на основе полистирола и гидрида титана. Расчет производился на основании элементного химического состава для композиционного материала с оптимальным составом. В работе представлена методика расчета коэффициента ослабления нейтронного пучка при прохождении через поверхность композиционного материала. Дана оценка основных характеристик радиационной защиты при прохождении излучения в исследуемом материале (ослабление плотности потока нейтронов ($0,1 < E < 5$ МэВ), ослабление мощности дозы нейтронного излучения). Построена зависимость коэффициента ослабления плотности потока нейтронов в исследуемом композиционном материале при энергиях нейтронов $0,1 \text{ МэВ} < E < 5 \text{ МэВ}$. При таких энергиях, нейтроны называют быстрыми и их вклад в полное сечение взаимодействия нейтрона с ядрами вносят процессы упругого потенциального рассеяния и неупругого рассеяния. Видно, что при интересующих нас энергиях нейтронов в интервале ($0,1 < E < 5$ МэВ) вклад атомов водорода в коэффициент ослабления потока нейтронов наибольший. В данной работе доказана высокая радиационная стойкость композита к нейтронному излучению.

Ключевые слова: нейтронное излучение, композиционный материал, коэффициент ослабления плотности потока нейтронов.

Введение. Полимерные композиты для биологической защиты реактора должны обладать повышенной пластичностью, тепловой и удельной конструкционной прочностью, коррозионной стойкостью, а также уменьшенной массой по сравнению с традиционно применяемыми металлическими материалами [1–4]. Особое внимание уделяется материалам, в состав которых входит гидрид титана с повышенным содержанием водорода, используемого для поглощения нейтронных потоков в ядерной энергетике в качестве замедлителя в регулирующих стержнях ядерного реактора на быстрых нейтронах, а также в качестве наполнителя для защиты от радиоактивного излучения [5–7].

В данной работе представлены данные по физико-математическому расчету нейтронно-защитных свойств композиционного материала на основе полистирола и гидрида титана.

Методология. Для проведения нейтронно-физического моделирования был проведен расчет элементного химического состава композиционного материала с оптимальным составом.

В работе рассчитывали зависимость коэффициента ослабления плотности потока нейтронов в исследуемом композиционном материале при энергиях нейтронов $0,1 \text{ МэВ} < E < 5 \text{ МэВ}$. При таких энергиях, нейтроны называют быстрыми и их вклад в полное сечение взаимодей-

ствия нейтрона с ядрами вносят процессы упругого потенциального рассеяния и неупругого рассеяния. Упругое потенциальное рассеяние представляется как отражения падающей нейтронной волны на потенциальной яме, возникающей за счет ядерного взаимодействия нейтрона с ядром. Сечение потенциального рассеяния для рассматриваемой энергетической области быстрых нейтронов примерно равно геометрическому сечению ядра. Смоделирована зависимость коэффициента ослабления потока быстрых нейтронов, проходящих через рассматриваемый композитный материал.

Основная часть. На рисунке 1 представлены кривые, описывающие полные сечения взаимодействия нейтрона с атомами водорода, углерода и титана при различных энергиях [9]. Кривые построены при аппроксимации экспериментальных данных.

Для исследуемого композиционного материала линейный коэффициент ослабления потока нейтронов имеет следующий вид:

$$\mu_n = N_a \left(\frac{\rho_H}{A_H} \sigma_H + \frac{\rho_C}{A_C} \sigma_C + \frac{\rho_{Ti}}{A_{Ti}} \sigma_{Ti} \right) \quad (1)$$

Используя сечения, представленные на рисунке 1, по формуле (1) построены кривые, описывающие зависимость коэффициента ослабления потока нейтронов, проходящего через композиционный материал (рис. 2). Из рисунка 2

следует, что, несмотря на низкую плотность водорода в исследуемом композите, вклад водоро-

да в коэффициент ослабления потока нейтронов наибольший.

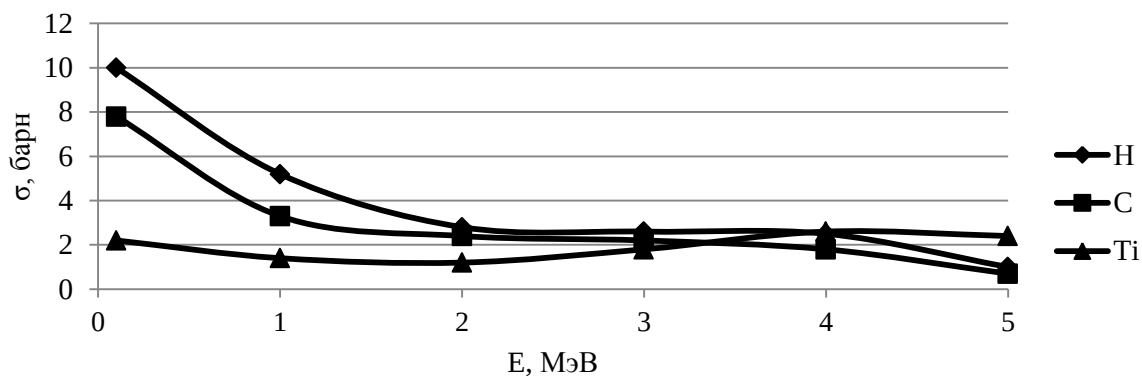


Рис. 1. Полные сечения взаимодействия нейтрона с атомами водорода, углерода и титана (μ_n)

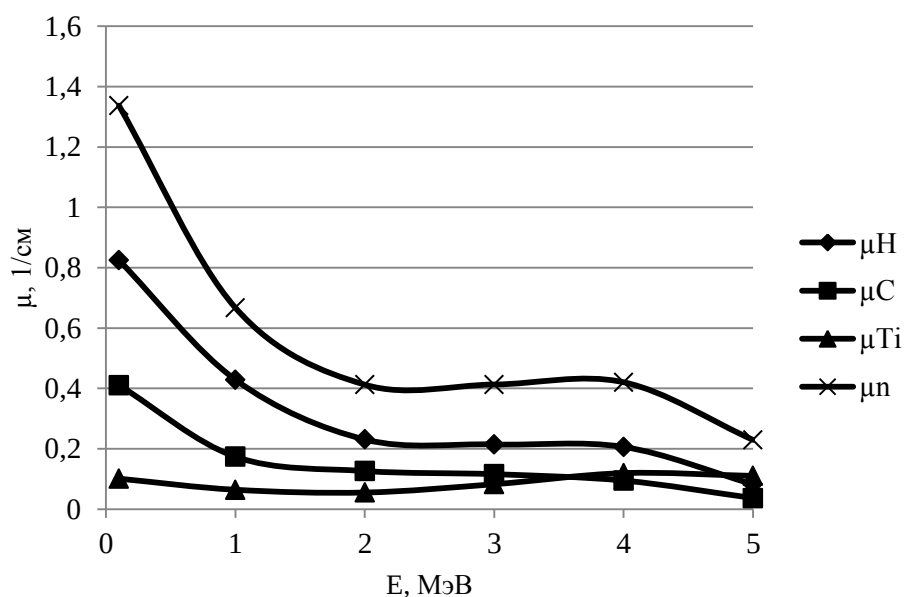


Рис. 2. Линейный коэффициент ослабления потока нейтронов в исследуемом композите. Вклад каждого вещества в суммарный коэффициент ослабления

Зависимость длины свободного пробега нейтронов между столкновениями от его энергии вычислим по формуле:

$$\lambda_n = \frac{1}{\mu_n} \quad (2)$$

На рисунке 3 приведена кривая, демонстрирующая зависимость длины свободного пробега нейтронов между столкновениями от энергии нейтронов в исследуемом композите.

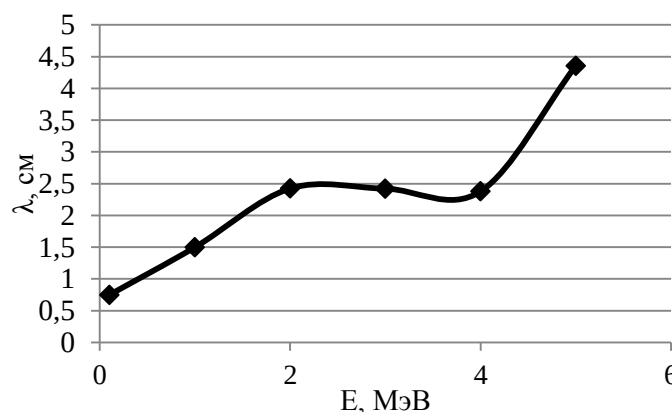


Рис. 3. Зависимость длины свободного пробега нейтронов между столкновениями от его энергии

Выводы: Был произведен расчет коэффициента ослабления нейтронного пучка при прохождении через поверхность композиционного материала. Дана оценка основных характеристик радиационной защиты при прохождении излучения в исследуемом материале (ослабление плотности потока нейтронов ($0,1 < E < 5$ МэВ), ослабление мощности дозы нейтронного излучения). Видно, что при интересующих нас энергиях нейтронов в интервале ($0,1 < E < 5$ МэВ) вклад атомов водорода в коэффициент ослабления потока нейтронов наибольший. В данной работе доказана высокая радиационная стойкость композита к нейтронному излучению.

* Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект № 11.2034.2014/К.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Тарасов Д.Г. Оценка защитного эффекта и модель распределения быстрых электронов в полимерных радиационно-защитных композициях // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 674–677.
3. Гульбин В.Н., Колпаков Н.С., Горкавенко В.В., Чердынцев В.В. Разработка и исследование радио- и радиационно-защитных композиционных материалов // *Научные технологии*. 2015. Т. 16. № 5. С. 16–24.
4. Чердынцев В.В., Бойков А.А. Термическая устойчивость полимерных нанокмозитов на основе свехвысокомолекулярного полиэтилена и полисульфона // *Интернет-журнал Науковедение*. 2013. № 4 (17). С. 12.
5. Ястребинская А.В., Матюхин П.В., Павленко З.В., Карнаухов А.В., Черкашина Н.И. Использование гидридсодержащих композитов для защиты ядерных реакторов от нейтронного излучения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 12-6. С. 987–990.
6. Васильев Г.А. Водородсодержащие материалы для атомной энергетики // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2014. № 11-2 (30). С. 10-13.
7. Казеев В.Г., Чернухин Ю.И., Невзоров В.А., Долгорукова А.Г. Термостойкий нейтронно-защитный материал // *Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы*. 2013. № 1 (74). С. 133–146.
8. Павленко В.И., Бондаренко Г.Г., Черкашина Н.И. Разработка нейтронно-защитных полимерных композитов на основе тонкомолотого гидрида титана // *Перспективные материалы*, 2016. № 7. С. 16–21.
9. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. – 1995. 496 с.

Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Yastrebinskaya A.V., Tolyipina N.M.

THE CALCULATION OF THE NEUTRON-SHIELDING PROPERTIES OF THE COMPOSITE MATERIAL

This paper presents data on the physical and mathematical calculation of neutron-absorbing properties of composite materials based on polystyrene and titanium hydride. The calculation was carried out on the basis of elemental chemical composition for composite material with optimal composition. The paper presents method of calculation of the coefficient of attenuation of the neutron beam when passing through the surface of the composite material. The estimation of the basic characteristics of radiation protection during the passage of radiation in the material (weakening of the flux density of neutrons ($0,1 < E < 5$ MeV), attenuation of dose rate of neutron radiation). The dependence of the attenuation coefficient of neutron flux in the investigated composite material at the neutron energy of $0.1 \text{ MeV} < E < 5 \text{ MeV}$. At these energies, the neutrons are called fast and their contribution to the total cross section of interaction of neutrons with nuclei contribute to the process of potential elastic scattering and inelastic scattering. It is seen that when the neutron energy in the interval ($0,1 < E < 5 \text{ MeV}$) the contribution of the hydrogen atoms in the attenuation coefficient of the neutron flux is greatest. In this paper we show high radiation resistance of the composite to neutron radiation.

Key words: neutron emission, composite material, the attenuation coefficient of the neutron flux

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

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

Толыпина Наталья Максимовна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: d.oleg-19953@mail.ru

Лопанов А.Н., д-р техн. наук, проф.,
Фанина Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Томаровищенко О.Н., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ

ox.guzeeva@yandex.ru

Разработаны принципы получения токопроводящих смесей на основе переходных форм углерода, заключающиеся в регулировании электрических характеристик резистивных материалов за счет варьирования их составов, степени гомогенизации и удельной поверхности исходных компонентов. Представлены экспериментальные показатели теплоты смачивания в зависимости от количества функциональных групп на поверхности кварцевого заполнителя. Технология получения токопроводящих смесей должна включать: подготовительные операции исходных материалов, методы и режимы гомогенизации и модифицирования материалов. При выборе методов формования необходимо учитывать электротехнические характеристики композитов. Основные технические параметры, определяющие характеристики образцов: рабочее напряжение (до 36 Вм), температура нагрева (15–40 град), удельная мощность (30–50 Вт/м²).

Ключевые слова: удельная электропроводность, активность поверхностных центров, напряжение сдвига, сухие смеси.

Введение. Основным подходом к созданию технологии новых конкурентоспособных электропроводящих композитов является комплексный метод решения поставленной задачи, заключающийся в использовании фундаментальных методологических основ и результатов прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых в области химической технологии материалов и электротехнологий, в частности работы по исследованию синтеза углеродсодержащих токопроводящих материалов пленочного и объемного типов [1, 2]. Анализ технико-эксплуатационных характеристик и показателей надежности резистивных углеродных композитов указывает на сложность регулирования и оптимизации механизмов электрической перколяции углеродных дисперсий. Кроме того, известные виды выпускаемых электропроводящих материалов (электропроводные бетоны, панели), применяющиеся для теплофикации зданий и сооружений, обладают многочисленными недостатками. Решением данной проблемы может стать создание нового вида электропроводящих материалов – сухих напольных электропроводных смесей на основе недефицитного, доступно и безопасного сырья.

Целью работы является разработка физико-химических основ получения токопроводящих смесей на основе модификаций углерода для производства нагревательных систем и элементов.

Методы исследований. Удельную поверхность исследуемых материалов определяли методом Козени-Кармана по воздухопроницаемо-

сти и пористости уплотненного слоя порошка с помощью компьютерного многофункционального прибора РСХ-12 SP. Реотехнологические характеристики на ротационном вискозиметре Rheotest RN 4.1 (Германия) при однородном сдвиге исследуемых систем в узком зазоре между коаксиальными цилиндрами в интервале скоростей сдвига от 0 до 100 с⁻¹. Измерения величины рН применяемых растворов и суспензий проводили с помощью потенциометрического метода (рН-метр рН-150 МИ). Тепловые эффекты химических реакций исследуемых веществ определяли калориметрическим методом с использованием установки «Эксперт-001-3».

Основная часть. Химическое модифицирование и механическая активация поверхности диэлектрической фазы оказывает существенное влияние на модель электрической перколяции и реотехнологические особенности резистивного материала [3–5]. С целью регулирования эксплуатационных характеристик резистивных материалов на основе разработанных составов произвели механическую активацию кварцевого песка в шаровой планетарной мельнице РМ 100 в течение различных временных интервалов до удельной поверхности 389 м²/кг. Выбор помольного агрегата обоснован его эффективной активирующей способностью.

В процессе механической активации кварцевого песка происходит: образование новых активных центров поверхности; изменение реакционной способности вследствие изменения суммы поверхностной и внутренней энергии; улучшение качества поверхности зерен песка,

вследствие удаления загрязнений [3]. Для изучения кислотно-основной природы поверхности свежемолотого кварцевого заполнителя в работе использовали методы титриметрического и калометрического анализа. Титриметрический метод заключается в измерении объема реагента известной концентрации, затраченного на реакцию взаимодействия с анализируемым раствором для определения по изменению окраски индикатора точки эквивалентности, в которой достигается эквивалентное соотношение реагиру-

ющих веществ. После прямого ацидометрического титрования с учетом объемов кислоты, пошедшей на титрование исходного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, и с добавлением исследуемого песка провели математическую обработку результатов. Полученные зависимости количества активных центров q , (мк-экв/г) и их концентрации в расчете на единицу поверхности песка от величины удельной поверхности $S_{уд}$, ($\text{м}^2/\text{г}$) и представлены на рис. 1.

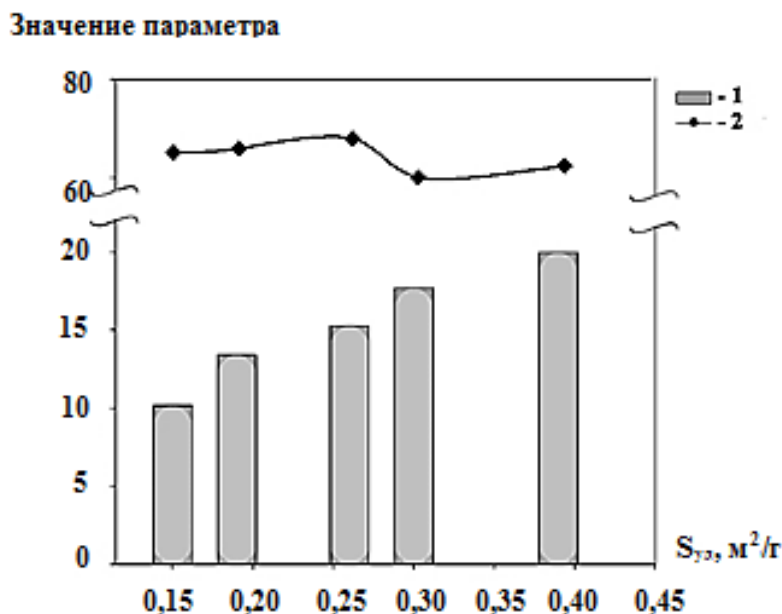


Рис. 1. Зависимость количества активных центров (1) и количества активных центров в расчете на единицу площади поверхности (2) от величины удельной поверхности песка при механической активации материалов

Установлено, что увеличение концентрации активных поверхностных центров зерен кварцевого песка q , мкг-экв/г в процессе механоактивационной диспергации происходит за счет повышения величины удельной поверхности $S_{уд}$. Плотность активных центров в расчете на единицу поверхности q , мкг-экв/ м^2 практически не изменяется, поэтому необходимо выяснить относительную химическую активность поверхностных соединений. Это было выполнено методом калориметрического анализа путем фиксирования тепловых эффектов при взаимодействии исследуемого песка с раствором NaOH концентрации 50 % (мас.) с помощью калориметрической установки «Эксперт-001-3» с чувствительностью 0,001 °С. Выявлено, что существенно возрастает химическая активность функциональных групп поверхности тонкомолотого песка в реакции их взаимодействия со щелочью. Также наблюдается значительное увеличение количества выделяющейся теплоты ΔH , Дж/г в начальный период протекания исследуемого процесса вследствие повышенной энергии точечных дефектов кристаллов, разрыва

внутримолекулярных связей, сдвиговых напряжений и разрушений в кристаллической фазе оксида кремния.

Для изучения влияния активированного песка на реологические характеристики разработанных сухих смесей провели исследование их свойств с помощью ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1. Снимали прямую реограмму с нарастающей скоростью сдвига и обратную – убывающую. Образцы смесей готовили перемешиванием гидравлического вяжущего, высокодисперсного кварцевого песка, с добавлением различной массовой концентрацией графита.

Использование механоактивированного песка увеличивает водоцементное отношение, влияющее на объем и строение жидкой фазы, развитие сил сцепления, устойчивость и подвижность системы [6, 7]. При увеличении дисперсности кварцевого заполнителя возрастает энергия внутреннего сцепления за счет действия межмолекулярных и адгезионных сил, уменьшается толщина водных прослоек и повышается структурная вязкость смеси. В ходе проведения

экспериментальной части работы варьировали распыла мини-конуса, табл. 1.
содержание воды для обеспечения постоянного

Таблица 1

Зависимость предельного напряжения сдвига системы «цемент-тонкомолотый песок-графит» от удельной поверхности кварцевого песка

Показатель	Удельная поверхность кварцевого песка $S_{уд}$, м ² /г					
	0,14 (исх.)	0,15	0,19	0,26	0,3	0,39
При массовой концентрации графита 0,1 %						
τ_0 , Па	10,1	8,42	6,74	4,93	3,11	2,52
В/Ц	0,33	0,4	0,44	0,5	0,54	0,6
При массовой концентрации графита 0,2 %						
τ_0 , Па	16,05	14,92	11,56	8,33	6,11	4,97
В/Ц	0,38	0,5	0,55	0,59	0,62	0,65
При массовой концентрации графита 0,3 %						
τ_0 , Па	22,12	18,66	13,15	10,21	7,56	6,86
В/Ц	0,43	0,55	0,58	0,63	0,66	0,7
При массовой концентрации графита 0,4 %						
τ_0 , Па	31,21	27,36	22,78	15,45	12,31	10,54
В/Ц	0,48	0,6	0,64	0,69	0,7	0,72

Для снижения водоцементного отношения формовочной смеси вводили пластификаторы на поликарбоксилатной и нафталинформальдегидной основе. Установили, что эффективной пластифицирующей добавкой является поликар-

боксилатная, которая эффективно снижает значение предельного напряжения сдвига, что обеспечивает поддержание самонивелирующего эффекта смеси при оптимальном водоцементном отношении, рис. 2.

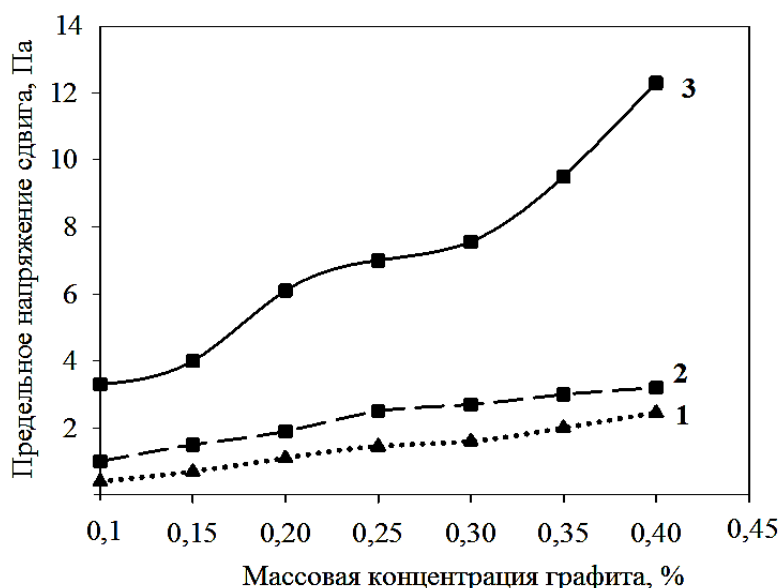


Рис. 2. Реологические характеристики системы «цементный камень – графит» при добавлении 0,05 % пластификаторов: 1 – поликарбоксилатного; 2 – нафталинформальдегидного; 3 – без добавок

Для определения электрофизических характеристик разработанных составов проводили исследование концентрационных зависимостей удельной электрической проводимости [8, 9] дисперсий графита в модельных системах «це-

ментный камень – графит». Подготовка электропроводящих композиций заключалась в перемешивании исходных компонентов, затворении сухой смеси водой, формовании опытных образцов. После выдержки образцов в течение

месяца при температуре 22 °С проводили измерение электрической проводимости с помощью моста переменного тока при частоте 1000 Гц. Определили, что концентрационный порог протекания электрического тока в исследуемых системах составляет 0,15 мас., при достижении которого в структуре композита наблюдается агрегация контактирующих графитовых частиц с образованием токопроводящей структуры. Для увеличения удельной электрической проводимости дисперсий графита в модельную систему добавляли пластифицирующие добавки, что позволяет снизить водоцементное отношение при формировании раствора. Химическая основа пластифицирующей добавки не оказывает существенного влияния на величину порога электри-

ческой перколяции, табл. 2. Увеличение времени активации кварцевого заполнителя приводит к повышению сопротивления опытных образцов и снижению удельной электрической проводимости дисперсий графита в исследуемой системе от 9,8 Ом⁻¹·м⁻¹ до 0,18 Ом⁻¹·м⁻¹. Оптимальное время помола составляет 2–5 минут. Дальнейшее увеличение времени помола приводит к снижению не только электротехнических характеристик, но и прочности и плотности композита при всех значениях концентраций углеродного компонента, что связано с увеличением удельной поверхности кварцевого заполнителя и, следовательно, повышением водопотребности бетонной смеси.

Таблица 2

Концентрационная зависимость удельной электрической проводимости дисперсий углеродного компонента в модельной системе «цементный камень – графит»

Массовая доля графита, %	Удельная электропроводность, Ом ⁻¹ ·м ⁻¹ при различной удельной поверхности песка, м ² /г				
	0,15	0,19	0,26	0,30	0,39
0,15	0,04	0,033	0,027	0,025	0,018
0,2	0,89	0,5	0,3	0,19	0,11
0,25	6,4	3,8	1,8	1,2	0,5
0,3	8,4	6,9	2,8	1,8	0,9
0,35	9,8	8	3,8	2,5	1,3

Технология получения смеси включает не только принципы синтеза углеродсодержащего материала, но и обеспечение контроля качества продукции [10, 11]. Суть применяемых методов по контролю качества сухих смесей заключается в оценке соответствия определяемых показателей нормативно-техническим документам. Входной контроль качества сырья включает определение марки, гранулометрического состава, влажности, теплопроводности, удельных характеристик электропроводности, прочности. Оперативный контроль готовой смеси включает определение следующих параметров: подвижность, сохраняемость первоначальной подвижности, водоудерживающая способность, объем вовлеченного воздуха. Затворенную водой смесь проверяют по прочности, модулю упругости, теплопроводности, паропроницаемости и т.д. Сухие смеси упаковывают по ГОСТ 9980.3-86. Для упаковки используют бумажные мешки по ГОСТ 2226-88 с полиэтиленовыми мешками-вкладышами по ГОСТ 19360-74. После заполнения сухой смесью тара должна быть герметично закрыта. Мешки с сухой смесью должны храниться при температуре не ниже 5 °С в условиях, обеспечивающих сохранность упаковки и предохранение от увлажнения. При укладке смеси в систему «теплый пол» необходимо

строго соблюдать соотношение воды и сухой смеси, а также использовать мешалку для гомогенизации раствора. Размер ячейки металлической сетки зависит от площади помещения. Запуск системы возможен по истечению 28 суток. Перед запуском системы следует замерить ее омическое сопротивление.

Выводы

1. Разработанный метод регулирования эксплуатационных характеристик электропроводящих смесей обеспечивает возможность их применения в технологии нагревательных систем электрического обогрева. Варьирование концентрации углеродсодержащего компонента позволяет обеспечить стабильность электрофизических параметров резистивных материалов и конструкций на их основе.

2. Увеличение удельной поверхности кварцевого заполнителя приводит к снижению не только электротехнических характеристик, но и прочности и плотности композита при всех значениях концентраций углеродного компонента, что связано с увеличением толщины диэлектрической прослойки между углеродными частицами и повышением водопотребности бетонной смеси.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горелов С.В. Резисторы в схемах электротеплоснабжения. Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2008. 424 с.
2. Запорожкова И.В. Углеродные и неуглеродные наноматериалы и композитные структуры на их основе: строение и электронные свойства. Монография. Волгоград, ВолГУ, 2009. 490 с.
3. Дергунов С.А., Рубцова В.Н. Роль пластифицирующих добавок в формировании свойств цементно-песчаных систем // СтройПРОФИль. 2009. № 7. С. 13–17.
4. Фанина Е.А., Лопанов А.Н. Электропроводящие конструкционные материалы строительного назначения // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 258–261.
5. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2007. 368 с.
6. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А., Ремизов С.В. Реология структурированных дисперсных систем // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2006. Т. 47. № 6. С. 393–397.
7. Корнеев В.И. Современная классификация и особенности производства и применения сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2010. № 1. С. 20–22.
8. Лопанова Е.А. Функциональные токопроводящие материалы на основе графита и силикатов: дис.... канд. техн. наук. Белгород. 2005. 142 с.
9. Хархардин А.Н., Строкова В.В., Жерновский И.В. Перколяционная модель электропроводности строительных композитов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 105–111.
10. Кирпичникова И.М., Файда Е.Л., Усков А.Ю., Никонова Т.Ю. Повышение качества регулирования систем электроотопления // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 37. С. 87–89.
11. Попельнюхов С.Н., Железняк А.Р., Шубин К.С., Передреев М.А. Преимущества и особенности механоактивации сырьевых материалов при производстве сухих строительных смесей // «ALITinform» международное аналитическое обозрение. 2011. № 4. С. 72–78.

Lopanov A.N., Fanina E.A., Tomarovschenko O.N.**ACID-BASE SURFACE OF THE QUARTZ SAND IN THE TECHNOLOGY OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE MIXES**

The principles of obtaining mixtures of conductive carbon based on transition forms, consisting in regulating the electrical characteristics of the resistive material by varying their composition, degree of homogenization and specific surface area of the starting components. Experimental indicators of wetting the heat depending on the number of functional groups on the surface of the silica filler. Technology for producing conductive blends should include: preparatory operations starting materials, methods and modes of homogenization and modification of materials. When choosing molding methods need to be considered electrical characteristics of composites. The main technical parameters determining the characteristics of the samples: the operating voltage (up to 36 W), the temperature (15-40 degrees), specific power (30-50 W / m²)

Key words: conductivity, active surface sites, shear stress, dry mixes.

Лопанов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: alopunov@yandex.ru

Фанина Евгения Александровна, 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: evgenia-@mail.ru

Томаровщенко Оксана Николаевна, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: ox.guzeeva@yandex.ru

Черкашина Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Павленко З.В., канд. техн. наук, доц.,
Ястребинская А.В., канд. техн. наук, доц.,
Толыпина Н.М., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ДЕГРАДАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИАЛКАНИМИДА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОНАМИ*

natalipv13@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы влияния электронного облучения на образцы из полиалканимида при обычной температуре. Облучение образцов флюенсом электронов $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ с энергией 150 кэВ осуществляли в вакууме при давлении не более 10^{-4} Па. В работе представлены спектры диффузного отражения в солнечном диапазоне (0,22–2,1 мкм) до и после облучения образцов электронами в ускоренных режимах. Показано уменьшение значений спектров диффузного отражения полиалканимида, которое приводит к увеличению коэффициента поглощения. После облучения образца полиалканимида электронами при обычной температуре интегральный коэффициент поглощения увеличился на 4,5 % с 0,452 до 0,472. Увеличение интегрального коэффициента поглощения для полиалканимида после облучения электронами при обычной температуре не превышает допустимых значений, что удовлетворяет нормативным условиям. Установлена целесообразность использования полиалканимида в качестве матрицы для создания полимерных композитов терморегулирующего назначения.

Ключевые слова: электронное облучение, ускоренный режим, спектры диффузного отражения, терморегуляция.

Введение. Воздействие такого фактора космического пространства (ФКП), как электронное облучение на терморегулирующие покрытия (ТРП) приводит к изменению диффузного отражения (Δr) и интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения (α_s), что может вызвать преждевременную деградацию систем пассивного терморегулирования космического летательного аппарата [1–3].

До настоящего времени прогнозирование работоспособности терморегулирующих покрытий осуществляют по изменению рабочей характеристики–интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения (α_s), который в наземных испытаниях определяется по спектрам диффузного отражения (r_λ) в солнечном диапазоне (0,22–2,1 мкм) до и после облучения образцов электронами в ускоренных режимах [4–9].

В данной работе представлены исследования по изменению интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения (α_s) полиалканимида, как одного из наиболее перспективных полимеров, которые могут использоваться в качестве матрицы для создания полимерных композиционных материалов терморегулирующего назначения [10–11].

Методология. Спектры диффузного отражения (r_λ) регистрировали спектрофотометром UV-3600 с шагом 10 нм. Облучение исследуемого полимера проводилось на «Установке для технологических и специальных испытаний ди-

электриков высокоэнергетическим электронным излучением», расположенной в аккредитованном в «ВНИИФТРИ» (г. Москва) Центре «Радиационного мониторинга» в БГТУ им. В.Г. Шухова (аттестат аккредитации № САРК RU.0001.443195) (г. Белгород) [12].

Облучение образцов флюенсом электронов $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ с энергией 150 кэВ осуществляли в вакууме при давлении не более 10^{-4} Па (время облучения 72 ч, коэффициент ускорения 10, что соответствует 720 ч облучения в космосе на геостационарной орбите при интенсивности излучения $2 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$) [13–15].

После облучения электронами с заданным флюенсом анализировали следующие величины: абсолютные значения коэффициентов отражения при фиксированной длине волны (r_λ), разность величин коэффициентов отражения (Δr_λ), получаемые вычитанием коэффициентов отражения до облучения ($r_{\lambda 0 \text{ бл}}$) из коэффициентов отражения после облучения ($r_{\lambda 0}$): $\Delta r_\lambda = r_{\lambda 0} - r_{\lambda 0 \text{ бл}}$. Кроме того, анализировали зависимость изменения интегрального коэффициента поглощения $\Delta \alpha_s$ от содержания наполнителя в композите и условий облучения.

Основная часть. Спектр диффузного отражения для чистого полиалканимида до и после облучения электронами с флюенсом $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ представлен на рисунке 1. Анализ рисунка 1 показал, что воздействие электронного облучения незначительно, но все

же уменьшает спектры диффузного отражения полиалканимид в длин волн от 240 до 1800 нм.

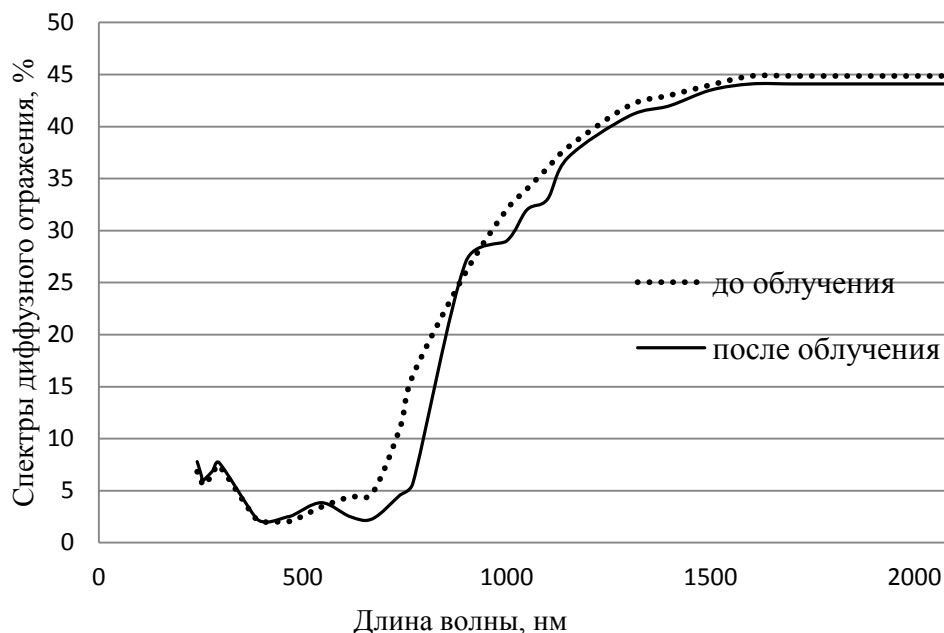


Рис. 1. Кривые спектров диффузного отражения для чистого полиалканимида до и после облучения электронами с флюенсом $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$

На рисунке 2 представлена кривая разностных спектров диффузного отражения полиалканимидного образца после облучения электронами и до облучения. График на рисунке 2 постро-

ен по точкам, получаемым вычитанием коэффициентов отражения до облучения ($r_{\lambda 0}$) из коэффициентов отражения после облучения ($r_{\lambda \text{обл}}$): $\Delta r_{\lambda} = r_{\lambda 0} - r_{\lambda \text{обл}}$.



Рис. 2. Кривая зависимости разностных спектров диффузного отражения полиалканимида облучения электронами от длины волны

Из данных, представленных на рисунке 2 заметно, кривые спектров диффузного отражения полиалканимида до и после облучения электронами образца полиалканимида аналогичны. Установлено, что кривая спектров отражения после облучения электронами располагается ниже, нежели график спектров снятый до облучения. Можно сделать вывод, что после облучения электронами снижается интенсивность отраженного света.

Анализ разностных спектров диффузного отражения полиалканимида (рис. 2) показал, что

коэффициент отражения незначительно увеличивается в диапазоне 240...550 нм длин волн (что соответствует отрицательным значениям разностных спектров). Максимальное увеличение коэффициента отражения на 0,96 %, по сравнению с исходным, наблюдается при длине волны 240 нм. После 550 нм величина коэффициента отражения начинает уменьшаться, в основном в УФ- и видимой областях спектра, (максимальные изменения не превышают значения в 10,3 %). В ближней ИК-области после ва-

куумной обработки изменения не превышают 3 % после воздействия электронов.

Уменьшение значений спектров диффузного отражения приведет к увеличению коэффициента поглощения α_s , поскольку исследуемый композит является непрозрачным материалом, для таких материалов выполняется соотношение:

$$\alpha_s = 1 - R_s \quad (1)$$

Интегральный коэффициент поглощения α_s – основную характеристику терморегулирующих покрытий (ТРП), вычисляли исходя из величин коэффициентов отражения по формуле:

$$\alpha_s = 1 - R_s = 1 - \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_{\lambda} \cdot r_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_{\lambda} \cdot d\lambda} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n r_{\lambda i}}{n} \quad (2)$$

где R_s – интегральный коэффициент отражения солнечного излучения γ_{λ} – значение коэффициента отражения полиалканимидного композита при длине волны λ ; n – число равноэнергетических участков солнечного спектра ($n=24$).

Выводы. Арбитражный критерий стойкости к воздействию корпускулярного ионизирующего излучения (в том числе и потока электронов) для терморегулирующих покрытий в космическом пространстве состоит в увеличении интегрального коэффициента поглощения не более, чем на 25 %. После облучения образца полиалканимида электронами при обычной температуре интегральный коэффициент поглощения увеличился на 4,5 % с 0,452 до 0,472. Увеличение интегрального коэффициента поглощения для полиалканимида после облучения электронами при обычной температуре не превышает допустимых значений, что удовлетворяет нормативным условиям. Таким образом, целесообразно использовать полиалканимид в качестве матрицы для создания полимерных композитов терморегулирующего назначения.

**Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ, проект № 11.2034.2014/К.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акишин А.И. Космическое материаловедение. Методическое и учебное пособие. М: НИИЯФ МГУ, 2007. 209 с.
2. Киселева Л.В., Страполова В.Н., Токарь С.В., Просвириков В.М., Костюк В.И. Исследование новых ТРП класса «Истинный поглотитель» // Перспективные материалы. 2011. № 11. С. 376–382.
3. Шамаев А.М. Прогнозирование изменения оптических характеристик терморегулирующих покрытий в процессе эксплуатации КА // В сборнике: Инновационные аспекты социально-экономического развития региона, сборник статей по материалам участников V ежегодной научной конференции (аспирантов ФТА). 2014. С. 612–621.
4. Михайлов М.М., Нещименко В.В., Скрипка Н.Г., Хохлов Р.Н. Оптические свойства и радиационная стойкость порошков диоксида циркония, модифицированных редкоземельными элементами // Перспективные материалы. 2010. № 3. С. 14–22.
5. Михайлов М.М., Лапин А.Н., Андриец С.П., Дедов Н.В. Спектры диффузионного отражения и их изменение при облучении электронами микро-, модифицированных и нанопорошков оксида алюминия // Известия высших учебных заведений. Физика. 2009. Т. 52. № 10. С. 32–37.
6. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Радиационная стойкость пигментов ZnO, легированных пероксидом калия // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2006. № 5. С. 72–78.
7. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Исследование радиационной стойкости покрытий на основе диоксида титана с добавками нанопорошков Al_2O_3 и ZrO_2 // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2006. № 8. С. 79–85.
8. Михайлов М.М. О возможности повышения радиационной стойкости порошков TiO_2 (рутил) прогревом в кислороде // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007. № 7. С. 102–106.
9. Михайлов М.М. О возможности повышения радиационной стойкости порошков TiO_2 при УФ-облучении на воздухе // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007. № 10. С. 68–72.
10. Калугина Е.В., Гумаргалиева К.З., Заиков Г.Е. Полиалканими́ды: монография, Издательство: Научные основы и технологии, Санкт-Петербург, 2008. 262 с.
11. Волошинов Е.Б. Вязкоупругое поведение полиалканимида в широком интервале температур // В сборнике: Материалы 65-ой Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров, Международного научного симпозиума "Автотракторостроение - 2009", 2009. С. 1–5.
12. Сухорослова В.В. Установка для специальных испытаний диэлектриков высокоэнергетическим электронным излучением // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 9 (28). С. 53–54.

13. Панасюк М.И. Релятивистские электроны в космосе // Земля и Вселенная. 2013. № 6. С. 15–19.

14. Новиков Л.С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов: учебное пособие. Москва: Университетская книга, 2010. 192 с.

15. Безродных И.П., Тютнев А.П., Семёнов В.Т. Радиационные эффекты в космосе. Часть 2. Воздействие космической радиации на электротехнические материалы. Москва: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2016. 122 с.

Cherkashina N.I., Pavlenko Z.V., Yastrebinskaya A.V., Tolyipina N.M.

THE DEGRADATION OF THE OPTICAL CHARACTERISTICS OF POLYALKYLIMIDE WHEN IRRADIATED BY ELECTRONS

The article discusses the effect of electron irradiation on the samples of polyalkylimide at normal temperatures. Irradiation of the samples the electron fluence of $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ with energy of 150 Kev were carried out in vacuum at a pressure of not more than 10^{-4} PA. The paper presents spectra of diffuse reflectance in the solar range ($0,22 - 2,1 \text{ } \mu\text{m}$) before and after irradiation of samples by accelerated electrons in modes. Shows the decrease in the values of the spectra of diffuse reflection of polyalkylimide, which leads to increase absorption coefficient. After irradiation of the sample polyalkylimide electrons at normal temperatures the integrated absorption coefficient increased by 4,5 % 0,452 to 0,472. The increase in the integral absorption coefficient for polyalkylimide after irradiation by electrons at ordinary temperature does not exceed the permissible values that satisfy the statutory conditions. The expediency of use of polyalkylimide as a matrix for creating polymer composites thermoregulatory purposes.

Key words: electron irradiation, the Overdrive mode, diffuse reflectance spectra, thermoregulation.

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

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

Толыпина Наталья Максимовна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: d.oleg-19953@mail.ru

DOI: 10.12737/22354

Гребенюк А.А., аспирант,
Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СУЛЬФОФЕРРИТНОГО КЛИНКЕРА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

alexander.grebeniuk@mail.ru

Произведен расчет сульфoferритного клинкера из четырехкомпонентной сырьевой смеси с введением дополнительного силикоферритного модуля, позволяющего регулировать в широких пределах минералогический состав сульфoferритного клинкера. Осуществлено сравнение четырехкомпонентных сырьевых смесей, в которых содержится разное количество β – кварца, с трехкомпонентной сырьевой смесью.

Ключевые слова: сульфoferритный клинкер, силикоферритный модуль, расширяющаяся добавка, линейное расширение, прочность на сжатие.

Укрепление промышленного и сельскохозяйственного комплексов и рост потребительской активности общества приносят огромную пользу как развитию отдельно взятого региона, так и государству в целом. Порой достижение поставленных целей тесно связано с развитием строительной индустрии и применением различных видов вторичных материалов, нашедших в виду рационального использования ресурсов и обострившейся экологической обстановки широкое применение. Некоторые виды техногенных отходов применяются в качестве вторичных сырьевых компонентов на многих производствах [1, 2]. Подобное использование решает сразу несколько проблем связанных с этими отходами: 1) оказывает положительное влияние на экологическую обстановку местности, где в противном случае было бы захоронение «мусора»; 2) оказывает положительный экономический эффект при использовании альтернативного сырья (дешевле купить никому ненужный материал, чем платить за традиционно используемые компоненты); 3) не оказывает пагубного вреда на качество готовой продукции и т. д.. Все вышеперечисленные достоинства использования вторичных сырьевых материалов могут оказаться невозможными из-за непреодолимых сложностей, возникающих в технологической линии при их производстве. Подобное происходит ввиду наличия в техногенных отходах нежелательных компонентов, делающих дальнейшее использование тех или иных вторичных материалов невозможным.

Использование в цементной промышленности сырьевой смеси на основе нескольких компонентов обусловлено требованием получить цемент нужного качества, которое возможно достичь только при обеспечении оптимального химического состава сырьевой смеси. На сегодняшний день для приготовления портландцемента, качество которого продиктовано ГОСТом

31108 – 2003, может использоваться три модульных характеристики, обеспечивающих необходимый минералогический состав, набор прочности в котором будет происходить на всех этапах твердения, а также оптимальное количество расплава и его вязкость – показатели продиктованные трудностями технологического процесса производства [3]. При изготовлении специальных видов цементов, в частности сульфoferритного (СФЦ), таких широких возможностей обеспечить необходимый химический состав сырьевой смеси при использовании «нечистых» компонентов нет [4]. Используемые модульные характеристики обеспечивают получение сульфoferритного клинкера (СФК) только из относительно чистых сырьевых компонентов. Применение «сильно загрязненных» материалов вызывает ряд трудностей как при расчете состава СФК, так и в дальнейших технологических процессах.

Для расчета химического состава СФК применяется два технологических модуля: ферритный (F_m) и сульфатный (S_m) [5]. Нами предлагается включить третий модуль в расчетную часть, который учитывал бы наиболее часто встречаемый вторичный оксид при производстве СФК — оксид кремния. Данный модуль регулировал бы отношение между содержанием сульфoferрита кальция и образующимся наряду с ним белитом. Поскольку в процессе обжига СФК наиболее важно получить сульфoferриты кальция, которые в процессе реакций гидратации и твердения расширяют цементный камень, а белит, находящийся в СФК, как известно, не только не обладает расширяющимися свойствами, но и приводит к его незначительной усадке. Следовательно, регулирование содержания белита в СФК обеспечило бы более полный контроль технологического процесса и регулирование физико-механических показателей получаемого цементного камня.

Приведем расчет четырехкомпонентной сырьевой смеси для получения СФК. Формулы используемых модульных характеристик выглядят следующим образом:

— Ферритный модуль

$$\Phi_M = \frac{C - 1,867S - 0,549A - 0,7\bar{S}}{F};$$

— Сульфатный модуль $C_M = \frac{\bar{S} - 0,261A}{F};$

$$\Phi_M = \frac{(xC_1 + yC_2 + zC_3 + C_4) - 1,867(xS_1 + yS_2 + zS_3 + S_4) - 0,549(xA_1 + yA_2 + zA_3 + A_4) - 0,7(x\bar{S}_1 + y\bar{S}_2 + z\bar{S}_3 + \bar{S}_4)}{(xF_1 + yF_2 + zF_3 + F_4)};$$

— Сульфатный модуль

$$C_M = \frac{(x\bar{S}_1 + y\bar{S}_2 + z\bar{S}_3 + \bar{S}_4) - 0,261(xA_1 + yA_2 + zA_3 + A_4)}{(xF_1 + yF_2 + zF_3 + F_4)};$$

— Силикоферритный модуль

$$C\Phi_M = \frac{XS_1 + yS_2 + zS_3 + S_4}{xF_1 + yF_2 + zF_3 + F_4}.$$

После ряда математических операций по аналогии с расчетом четырехкомпонентной сырьевой смеси для получения портландцемента [6] получим систему уравнений:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = d_1; \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2; \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3. \end{cases}$$

— Силикоферритный модуль $C\Phi_M = \frac{S}{F}.$

Для удобства расчета условно примем компонентный состав сырьевой смеси: 1 – карбонатный компонент; 2 – железосодержащий компонент; 3 – железистый отход; 4 – сульфатсодержащий компонент. С учетом условного введения компонентов формулы вышестоящих модулей примут следующий вид:

— Ферритный модуль

В этой системе символы a, b, c и d приняты для сокращения полученных буквенных значений. Количество образующегося совместно с сульфогерритом кальция белита определяется значением модуля СФ_м: чем он ниже — тем количество белита меньше, а сульфогеррита кальция больше и наоборот. Зависимость содержания белита и сульфогеррита кальция от значения силикоферритного модуля (СФ_м) можно представить в виде графика (рис. 1).

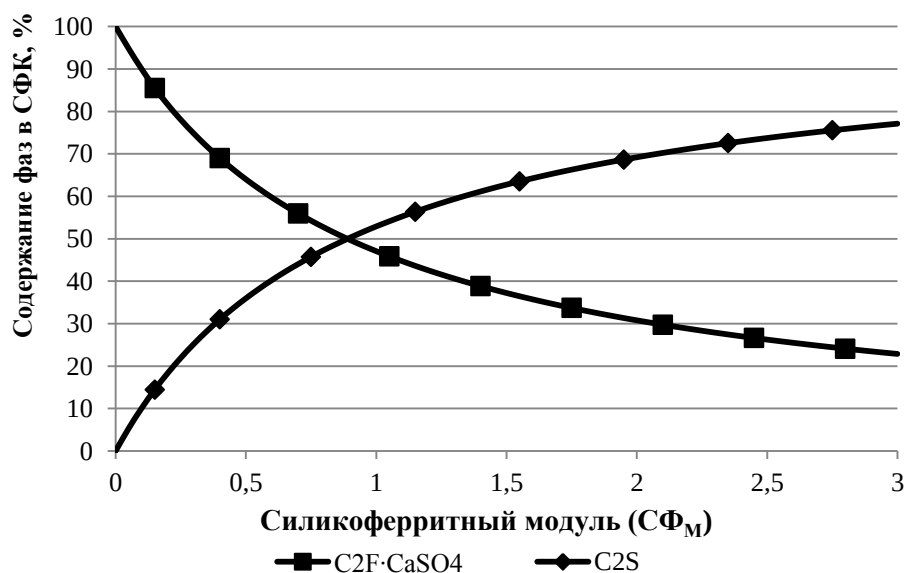


Рис. 1. Зависимость содержания белита в СФК от силикоферритного модуля

Разный угол наклона между осью абсцисс и касательными, проведенными к разным точкам кривых, говорит о разных значениях величин возрастания количества белита и уменьшения количества сульфогеррита кальция в зависимости от показателя силикоферритного модуля. Так, наиболее интенсивно количество белита меняется в пределах СФ_м = 0 – 0,5, затем следует участок «средней» зависимости возрастания

— 0,5 – 2,0, а наиболее меньшее влияние СФ_м на количество белита соответствует его значениям выше 2,0.

Подтверждение целесообразности введения дополнительной модульной характеристики отследим на примере сравнения составов трехкомпонентной сырьевой смеси для получения СФК и четырехкомпонентной сырьевой смеси, в которой будет содержаться разное количество ок-

сида кремния, являющегося составляющей белита. Количество оксида кремния соответствовало минимальному, максимальному и среднему

содержанию белита в СФК. Полученный на основе расчета химический состав сырьевых смесей представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расчетный химический состав сырьевых смесей

Сырьевая смесь	Химический состав сырьевых смесей, %								Φ_m	C_m	$C\Phi_m$
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	R ₂ O	ППП			
3 К	36,3 4	10,33	1,77	15,00	7,96	1,09	0,50	26,94	0,70	0,50	—
4 К (I)	32,7 5	3,63	0,76	24,20	12,3 0	2,31	0,68	23,33			0,15
4 К (II)	35,4 5	9,09	1,54	16,52	8,66	1,89	0,57	26,22			0,55
4 К (III)	34,3 7	6,15	1,19	20,98	10,8 0	1,14	0,57	24,75			0,29

Все рассчитанные составы отвечают получению высокоосновного сульфферрита кальция $C_2F \cdot CaSO_4$. Как можно видеть из таблицы 1, содержание оксида кремния наивысшее у сырьевой смеси, состоящей из трех компонентов (3 К). В сырьевых смесях из четырех компонентов самое большое количество оксида кремния у состава со значением $C\Phi_m = 0,55$ (4 К (II)), наименьшее – у состава со значением $C\Phi_m = 0,15$ (4 К (I)), сырьевая смесь со значением $C\Phi_m = 0,29$ (4 К (III)) отвечает среднему содержанию оксида кремния. Расчетное количество белита,

который может образоваться в процессе синтеза СФК, приведено в табл. 2. Использование дополнительной модульной характеристики при расчете позволяет снизить массовое содержание белита приблизительно в 3 раза в зависимости от исходного химического состава сырьевых компонентов. Уменьшение количества белита способно не только обеспечить получение качественного продукта на конечном этапе производства, но и стимулировать использование техногенных отходов, что благотворно скажется на экологической обстановке региона.

Таблица 2

Расчетный минералогический состав СФК

Сырьевая смесь	Минералогический состав СФК, %			
	C ₂ S	C ₃ A ₃ ·CaSO ₄	C ₂ F·CaSO ₄	3CF·CaSO ₄
3 К	40,59	4,83	52,36	—
4 К (I)	13,57	1,98	80,32	0,22
4 К (II)	35,31	4,17	56,97	0,16
4 К (III)	23,13	2,94	70,05	0,19

Для установления возможности получения качественного СФК на основе четырехкомпонентной сырьевой смеси и сравнения ее с трехкомпонентной смесью были сформованы образцы – таблетки диаметром 1 см, которые были предназначены для изучения кинетики фазообразования, диаметром 3 см – для петрографического анализа синтезированных образцов и физико – механических испытаний композиционных вяжущих с добавлением СФК. Процесс обжига производили в силитовой печи при температурах 700–1300 °С с шагом набора температуры равным 50 °С без изотермической выдержки. Установление минералогического состава образцов производилось на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA Thermo Fisher Scientific.

Синтезированные СФК хоть и отличались химическими составами сырьевых смесей, но

процессы, происходящие при их обжиге, имели ряд сходств. Так, закисная форма оксида железа, которая находится в железистом компоненте, окисляется до высшей степени окисления при температурах порядка 600 °С [7]. Начало реакций диссоциации карбоната кальция наблюдалось уже при температуре равной 750 °С, что несколько ниже температуры декарбонизации чистого карбоната кальция [8]. Подобное явление объясняется присутствием в составе сырьевой смеси примесей щелочей, которые образуют в процессе обжига на кристаллах карбоната кальция расплав, способствующий процессам диссоциации [9]. Оксид кальция, освободившийся в результате термического разложения карбоната кальция, быстро вступает в реакцию с оксидом железа, образуя ферриты кальция переменного состава уже при температурах 750–800 °С. Появление ферритов кальция при не-

сколько пониженных температурах объясняется эффектом Хэдвелла [10] (дополнительной энергией появившейся в реакции в результате окисления FeO до Fe₂O₃). Взаимодействие ферритов кальция с ангидритом приводит к реакциям сульфатизации и получению соединений типа C_mF·nCaSO₄.

Образование белита было обнаружено при температурах порядка 800 °С. что также говорит о появлении низкотемпературного расплава, через который и происходила реакция. Вместе с «нужными» реакциями наблюдались также и побочные. Так при температуре 1000 °С в образцах присутствуют аналитические пики, принадлежащие силикосульфату кальция не обладающему вяжущими свойствами, образованному в результате взаимодействия белита и ангидрита. По мере увеличения температуры площадь пиков и их интенсивность возрастают и достигают своих максимальных значений при 1200 °С. Дальнейшее повышение температуры снижает интенсивность пиковых импульсов и при 1250 °С

сульфатный спуррит распадается на белит и ангидрит. Освободившийся сульфат кальция вступает в «запоздалые» реакции сульфатизации оставшихся ферритов кальция. К температуре равной 1300 °С образование всех необходимых фаз СФК заканчивается. О протекании реакций сульфатизации ферритов кальция говорит смещение межплоскостного угла пиков C₂F с 2,697 Å до 2,675 Å.

Во всех четырех образцах СФК наблюдается присутствие трех основных минералов: двухкальциевого сульфферрита, белита и ангидрита (рис. 2). Образцы со значениями CФ_м 0,15 и 0,29 практически не содержат в своем составе фазу белита, в то время как трехкомпонентная и четырехкомпонентная смеси со значением CФ_м 0,55 содержат его значительное количество. Доля ангидрита, оставшегося после реакций сульфатизации ферритов кальция определялась методом Ритвелда [11] в программе Match! 3 и составило для всех синтезированных образцов СФК 0,09–0,16.

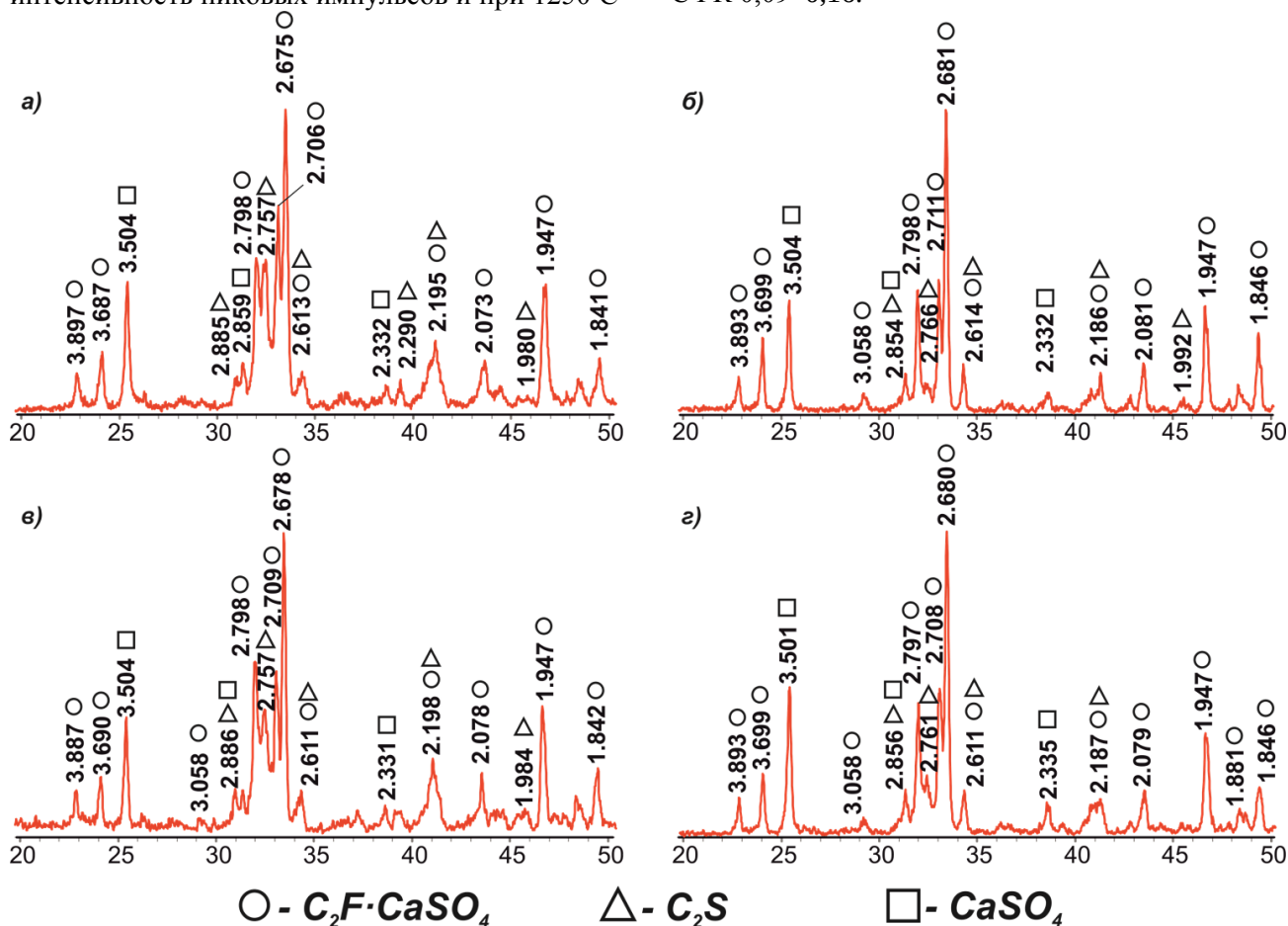


Рис. 2. Минералогический состав синтезированных образцов СФК:

а — 3 К; б — 4 К (I); в — 4 К (II); г — 4 К (III)

Для установления кинетики усвоения образующегося оксида кальция было произведено определение последнего этил – глицератным методом в образцах, синтезированных при температурах 700–1300 °С с шагом 50 °С (рис. 3).

Формы кривых образцов 4 К (I), 4 К (II) и 4 К (III) идентичны за исключением максимального значения доли выделившегося и не усвоенного оксида кальция, что говорит об одинаковом механизме протекания реакций. Кинетика усвое-

ния оксида кальция у образцов на основе трехкомпонентной смеси отлична от всех других. Так, кинетическая кривая 3 К имеет два максимальных значения доли оксида кальция (при одном наибольшем значении у трех остальных) и большую площадь под кривой, что говорит о более плохой степени усвоения оксида кальция.

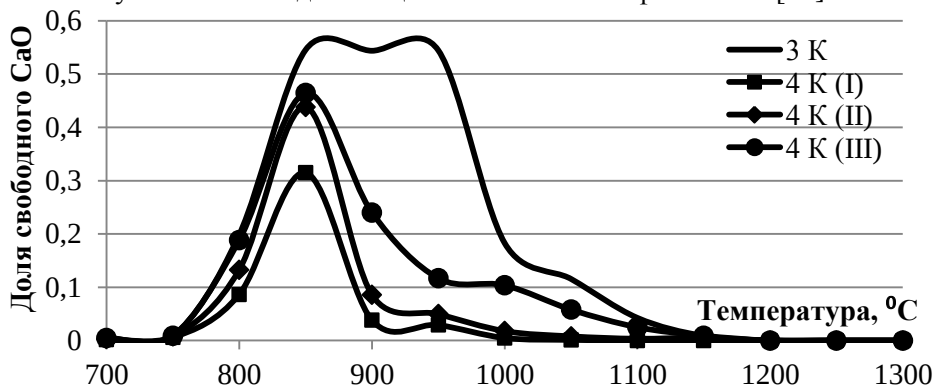


Рис. 3. Кинетика усвоения свободного оксида кальция

Образование СФК в процессе обжига сопровождалось незначительным улетучиванием оксида серы (рис. 4). Как можно видеть на рисунке 4, схожий характер кривых доли потерянного SO_3 говорит об идентичных условиях синтеза всех образцов СФК, так как улетучивание вышеуказанного оксида зависит от значения температуры при которых происходит

Затянувшееся усвоение окиси кальция может быть связано с поздним, по сравнению с другими синтезированными образцами, образованием центров кристаллизации ферритов кальция, поскольку формирование ферритов кальция разной основности начинается раньше образования всех остальных фаз в СФК [12].

перестроение его кристаллической решетки и характера среды обжига [4, 13]. Для всех смесей начало выделения SO_3 соответствует температуре 1000 °C и продолжается до конца обжига. Потеря для всех составов составляет от 0,02 части от общего количества SO_3 в образце до значения приблизительно равного 0,195 доли.

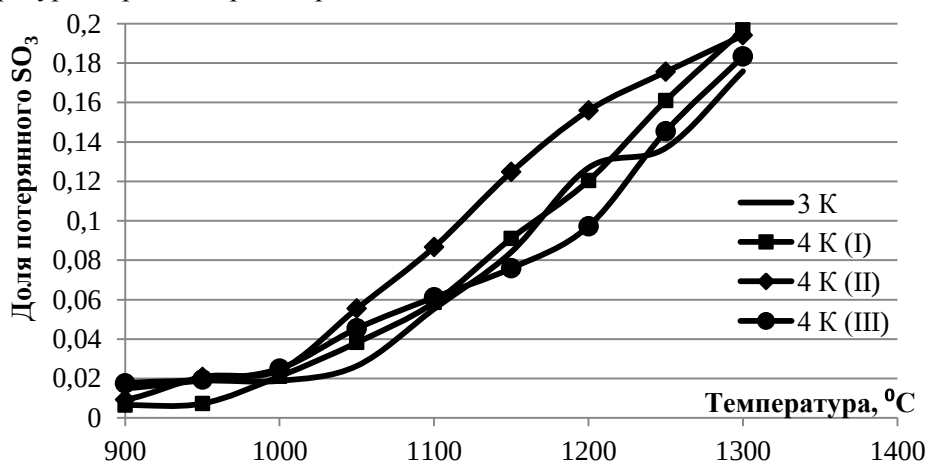


Рис. 4. Зависимость потери SO_3 при обжиге СФК от величины температуры

Микроструктура СФК устанавливалась путем проведения петрографического анализа образцов синтезированных при температуре 1300 °C (рис. 5). В зависимости от значения СФ_m минералогический состав СФК менялся. В образцах где СФ_m был равен 0,15 (рис. 5, б) значительно преобладает количество фазы двухкальциевого сульфферрита по отношению ко всем остальным фазам. Кристаллы $\text{C}_2\text{F} \cdot \text{CaSO}_4$ равномерно распределены по всей поверхности аншлифа и их размер находится в диапазоне от 4 до 8 мкм со средним значением размеров равным приблизительно 6 мкм. В образцах 4 К (II)

и 4 К (III) (рис.5, в и г) количество фазы белита возрастает согласно значению СФ_m . Размер кристаллов $\text{C}_2\text{F} \cdot \text{CaSO}_4$ находится в пределах от 4 до 12 мкм со средним показателем 7 мкм. Белит представлен кристаллами овальной формы светло-коричневого оттенка размером 6–14 мкм. Структура аншлифа образца на основе трехкомпонентной сырьевой смеси (рис. 5, а) несколько отличается от структуры аншлифов на основе четырехкомпонентных сырьевых смесей. В аншлифе образца 3 К обнаружены места скопления сульфферритной фазы вокруг фазы белита. Кристаллы белита имеют нечеткую овальную

форму с размером от 6 до 16 мкм. Фаза двух-кальциевого сульфогеррита имеет размер 4 – 10

мкм со средним значением 8 мкм.

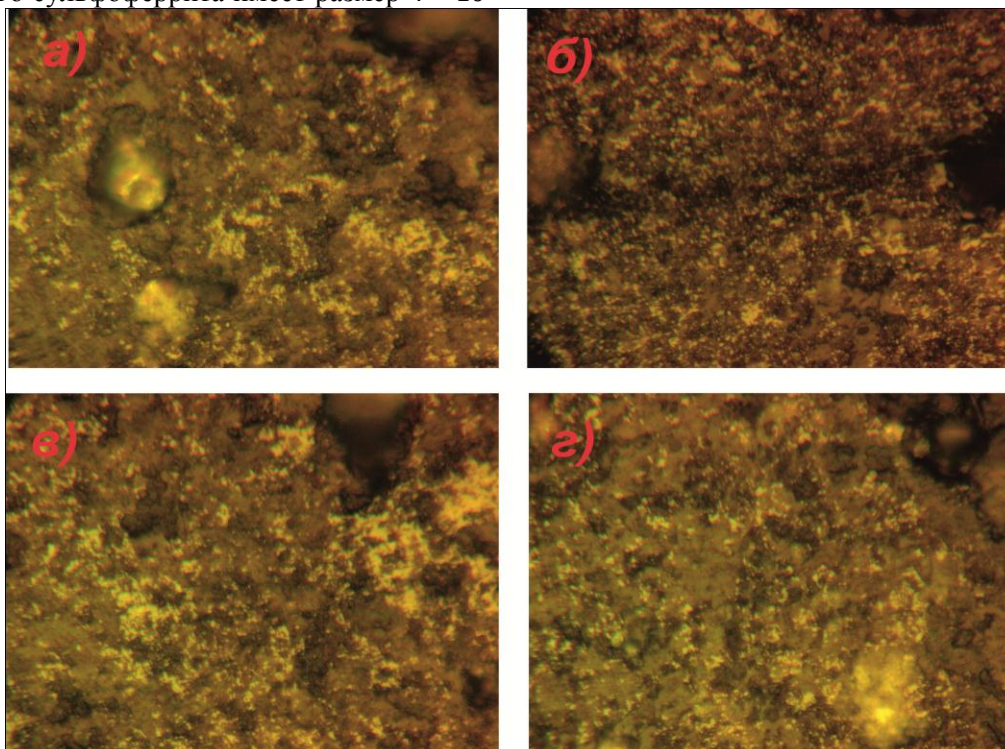


Рис. 5. Петрография обожженного СФК:
а – 3 К; б – 4 К (I); в – 4 К (II); г – 4 К (III)

Для определения влияния ввода синтезированной расширяющейся добавки на физико-механические свойства композиционного вяжущего цемента были приготовлены смеси, состоящие из СФК различного состава и портландцемента марки ЦЕМ I 42,5 Н. На основании литературных данных [14, 15] количество ввода добавки СФК составляло 6 %. Удельная поверхность портландцемента и добавляемого СФК составляла 320 и 310 м²/кг соответственно. Изучение физико – механических свойств, таких как

линейное расширение и прочность на сжатие, осуществляли на малых образцах – балочках и кубиках [6], размер которых составлял 10×10×60 мм и 14,1×14,1×14,1 мм соответственно.

Определение изменения линейного расширения цементного камня проводилось на индикаторе линейного расширения часового типа в возрасте 3, 5, 7, 15, 21 и 28 суток. Изменение линейного расширения (рис. 6) выражалось в процентах относительно первоначальных размеров после заформовки.

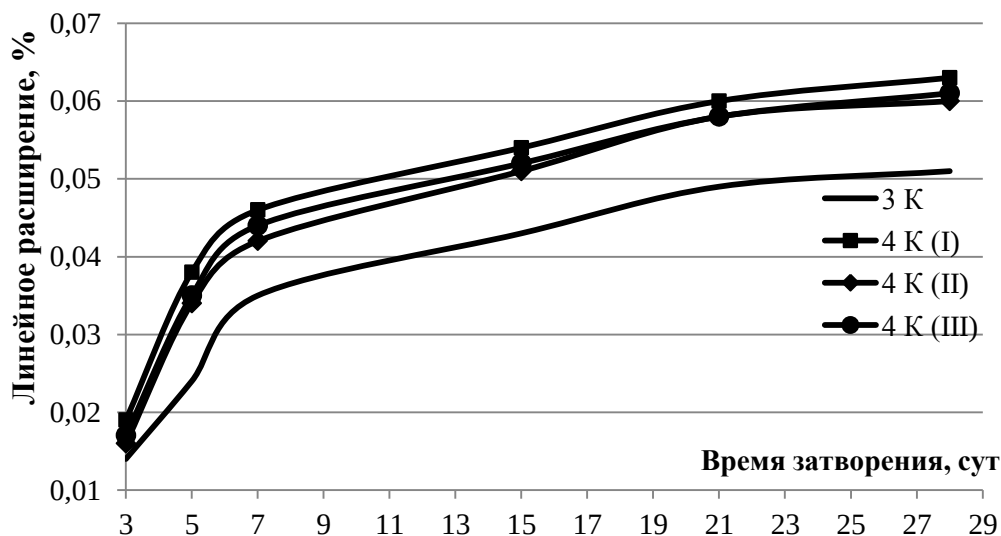


Рис. 6. Изменение линейного расширения цементного камня

По результатам замеров установлено, что все образцы цементного камня показали необ-

ходимые значения расширения. Наибольшее значение линейного расширения (0,063 %) имел

композиционный состав, в который входил двухосновный СФК со значением $СФ_m = 0,15$. Линейное расширение у трех других составов несколько ниже и находятся в пределах 0,051–0,061 %. Одинаковый характер кривых линейного расширения говорит об одинаковом механизме реакций гидратации, в которых гидросульфогидраты кальция ($C_3F \cdot 3CaSO_4 \cdot H_{31}$ и C_4FH_{13}) в процессе формирования цементного камня, пронизывают гелеобразный $Fe(OH)_3$, образующийся наряду с ними, заполняя, тем самым, пустоты и уплотняя цементный камень [5].

Исследование гидравлической активности образцов композиционного вяжущего на основе сульфогидратных клинкеров разного минералогического состава производилось в возрасте 2, 7 и 28 суток. Результаты испытаний свели в гистограмму (рис. 7). Как можно видеть из рис. 7, величина гидравлической активности для образ-

ца 4 К (I) во все время твердения имеет наибольшее значение и достигает наивысшей точки в 28-суточном возрасте равной 109,7 МПа, в то время как гидравлическая активность композиционного цемента с добавлением СФК на основе трех компонентов на протяжении всего периода твердения показывает наименьшие значения, достигая показателя к 28 суткам равного 99,8 МПа (разница с составом 4 К (I) составляет 9 %). Величина гидравлической активности для составов 4 К (II) и 4 К (III) во все периоды твердения практически совпадают и достигают в 28-суточном возрасте значений 102,4 и 105 МПа. Низкая по отношению к другим составам гидравлическая активность образца 3 К объясняется неравномерностью распределения фазы двухкальциевого сульфогидрата, которое было выявлено петрографическим анализом аншлифа.

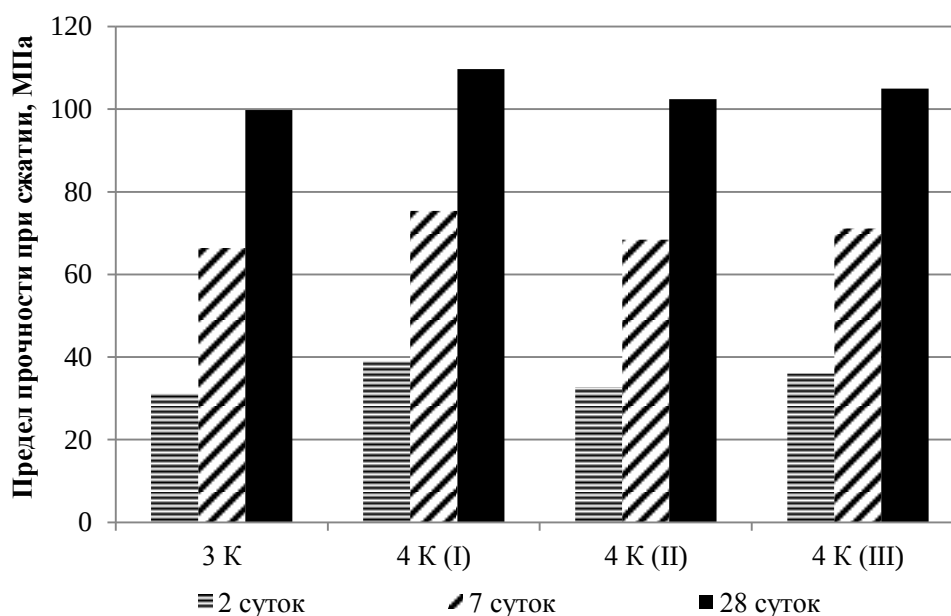


Рис. 7. Изменение гидравлической активности цементного камня

Выводы

1. Введение в расчетную часть дополнительного модуля (силикогидратного модуля $СФ_m$) способно регулировать в широких пределах образование в СФК не обладающего расширяющимися свойствами белита. Снижение образования побочных продуктов взаимодействия путем регулирования минералогического состава (белита и ангидрита) приводит к нивелированию потери линейного расширения и «потере» прочностных показателей за счет менее плотной структуры цементного камня.

2. Распределение фазового состава на поверхности аншлифа СФК на основе трехкомпонентной сырьевой смеси неоднородно. Кристаллы образованного белита сосредоточены группами, что может быть причиной излишних ло-

кальных напряжений, возникающих в процессах гидратации и твердения сульфогидратов кальция. СФК на основе четырехкомпонентных составов имеют равномерное распределение всех фаз, что может исключить локальные линейные деформации.

3. Прочностные характеристики цементного камня на всех этапах твердения при добавлении всех составов СФК на основе четырех компонентов выше, чем у состава на основе трех компонентов. Разница в прочности возникает за счет более плотной структуры цементного камня и меньшего количества локальных деформаций в четырехкомпонентных составах СФК.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быховский Л.З., Спорыхина Л.В. Техногенные отходы как резерв пополнения минерально – сырьевой базы: состояние и проблемы освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2011. №4. С. 15–20.
2. Ильичев В.А., Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. О развитии производства строительных материалов на основе вторичных продуктов промышленности // Строительные материалы. 2011. №4. С.36–40.
3. Классен, В.К. Обжиг цементного клинкера. Красноярск: Стройиздат, 1994. 323 с.
4. Мандрикова О.С. Синтез сульфферритного клинкера с использованием техногенных материалов для получения специальных цементов: дис. ... канд. техн. наук. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. 141 с.
5. Осокин А.П., Кривобородов Ю.Р., Потапова Е.Н. Модифицированный портландцемент. М.: Стройиздат, 1993. 328 с.
6. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1973. 504 с.
7. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.
8. Киреев В.А., Ватулян К.С., Таубе П.Р., Филиппова К.И., Финогенов М.Ю., Хигерович М.И. Курс химии Ч. 2. Специальная. М.: Высшая школа; 1975. 235 с.
9. Лугинина И. Г., Кузнецова Т. В. Клинкерообразование во вращающихся печах при получении портландского и специальных цементов. М., Белгород: Моск. инж.-строит. ин-т им. В. В. Куйбышева; БГТИСМ им. И. А. Гришманова, 1988. 91 с.
10. Евтушенко Е.И. Активационные процессы в технологии строительных материалов. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. 209 с.
11. Чаттерджи А.К. Применение метода Ритвельда в рентгенофазовом анализе клинкера и цемента // Цемент и его применение 2015. №1. С. 33–38.
12. Гребенюк А.А., Борисов И.Н. Изучение возможности получения расширяющейся добавки на основе ферритного отхода с высоким содержанием β – кварца // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №7. С. 152–158
13. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.
14. Кривобородов Ю.Р. Сульфатированные тампонажные цементы: дис. ... д-ра техн. наук. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. 358 с.
15. Борисов И.Н, Мандрикова О.С. Синтез сульфферритного клинкера для производства безусадочных и расширяющегося цементов // Современные проблемы науки и образования. 2012. №2. С. 269.

Grebenyuk A.A., Borisov I.N.

SULFOFERRITE CLINKER QUALITY RAISE ON BASIS OF INDUSTRIAL REJECTIONS

The sulfoferrite clinker of quaternary raw mixture with additional silicate ferrite module injection was determined. The silicate module renders the arrangement of the highly variable sulfoferrite clinker mineral composition possible. The quaternary raw mixture with the different β – quartz content is compared with the ternary raw mixtures.

Key words: *sulfoferrite clinker, silicate ferrite module, expanding additive, line expansion, compressive strength.*

Гребенюк Александр Александрович, аспирант кафедры технологии цемента и композиционных материалов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: alexander.grebeniuk@mail.ru

Борисов Иван Николаевич, доктор технических наук, зав. кафедрой ТЦКМ, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: borisov@intbel.ru

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СНИЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ*

yrndo@mail.ru

В работе представлены результаты экспериментов по сорбции радионуклидов на поверхности легированной и перлитной стали и замечена ее связь с величиной равновесного электрохимического потенциала.

При переводе стали в пассивное состояние путем пассивации в азотной кислоте ($\text{pH}=3$) наблюдается значительное снижение сорбции радионуклидов ^{60}Co , ^{137}Cs (в 7-10 раз) по сравнению с не пассивированной сталью. На нержавеющей стали сорбция ^{137}Cs значительно превосходит сорбцию ^{60}Co , тогда как на поверхности перлитной стали, которая в этих условиях находится в активном состоянии, наблюдается обратная картина – сорбция ^{60}Co превосходит сорбцию ^{137}Cs .

Обработка как легированной, так и перлитной стали золями оксида алюминия позволяет дополнительно снизить сорбцию радионуклидов: а) по ^{137}Cs на легированной стали в 6 раз, а на перлитной стали – в 9 раз; б) по ^{60}Co на легированной стали в 6 раз, а на перлитной стали – в 4 раза.

Ключевые слова: перлитные стали, легированные стали, радионуклиды, сорбция, стационарный потенциал, химическая обработка, снижение радиоактивности.

Введение.

Обеспечение радиационной и технической безопасности на объектах АЭС достигается реализацией комплексного подхода к решению этой сложной проблемы при эксплуатации ядерно-энергетических установок (ЯЭУ). Внутриконтурные процессы в значительной степени определяют характер формирования радиационной обстановки на объектах с ЯЭУ. К таким процессам относятся: коррозионное разрушение металла, сопровождающееся образованием продуктов коррозии (ПК); образование прочно сцепленных с металлом пленок продуктов коррозии и их рыхлых отложений на поверхности металла; переход продуктов коррозии в теплоноситель и их перенос по контуру; формирование вторичных отложений продуктов коррозии на внутриконтурных поверхностях и другие процессы. Интенсивность протекания указанных процессов в значительной степени определяется водно-химическим режимом и состоянием внутриконтурных металлических поверхностей. Снижение скорости коррозии конструкционных материалов приводит к повышению уровня обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ [1–3].

В процессе эксплуатации на внутренних поверхностях контурного оборудования АЭС накапливаются радиоактивные продукты коррозии, причем при длительной работе реактора активность радионуклидов ^{60}Co (в основном долгоживущего ^{60}Co) составляет не менее 90% общей активности отложений. Основным источником радиоактивного кобальта являются про-

дукты коррозии нержавеющей стали, содержащей 10 % никеля, в котором много примесного кобальта. И чем выше коррозионная стойкость конструкционных сталей (которая может быть достигнута за счет пассивирующих обработок), тем меньшее количество продуктов коррозии перейдет в теплоноситель и тем в меньшей степени они будут активироваться в нейтральном поле ядерного реактора.

Улучшить радиационную обстановку можно также за счет снижения сорбции радионуклидов на внутренних поверхностях оборудования. Не сорбированные и находящиеся в теплоносителе радионуклиды будут удаляться из контура на ионообменных фильтрах очистки теплоносителя.

В связи с этим авторами рассмотрены возможные пути снижения сорбции радионуклидов ^{60}Co и ^{137}Cs поверхностью перлитных и легированных сталей с целью снижения их радиоактивности.

Методика.

В работе использованы образцы углеродистой перлитной стали марки Ст20 и хромоникелевой аустеновой сталь марки 08X18H10T.

При изучении сорбции радионуклидов радионуклидов ^{60}Co и ^{137}Cs образцы стали, представлявшие собой продольно распиленные пополам трубки парогенератора длиной 50 мм с площадью поверхности 50 см², помещали в стеклянные стаканчики с водной средой, содержащей указанные радионуклиды. Удельная активность водной среды составляла (2–5) 10^6 Бк/л. Выдержка образцов проводилась при 20–

25 °С и при периодическом перемешивании в течение времени, достаточного для достижения сорбционного равновесия. Соотношение объем раствора/площадь поверхности образцов поддерживали равным 10/1 см³/см². По достижении сорбционного равновесия образцы извлекали из водной среды, промывали дистиллированной водой, высушивали на воздухе и радиометрировали. Измерение активности проводили на установке, включающей блок детектирования РАДЭК БДЭГ2-СП и пересчетный прибор РА-

ДЭК БПВН-2000-12. Для перехода от относительной активности к абсолютной, проводили калибровку измерительной аппаратуры по стандартным мерам активности с учетом геометрии образцов.

Основная часть.

В табл. 1 представлены результаты экспериментов по сорбции радионуклидов и замечена ее связь с величиной равновесного электрохимического потенциала.

Таблица 1

Влияние условий обработки стали 08X18H10T на величину равновесного электрохимического потенциала РЭХП и на сорбцию радионуклидов ⁶⁰Co и цезия-¹³⁷Cs

№ п/п	Способ обработки поверхности образца	Сорбция радионуклидов Бк/см ²	Величина стационарного равновесного потенциала, мВ (отн. н.в.э.)
1	Механическая зачистка образца наждачной бумагой № 2–3, промывка дистиллятом	¹³⁷ Cs 1627 ⁶⁰ Co 276	+ (130–140)
2	Механическая зачистка образца наждачной бумагой № 2–3, промывка дистиллятом с последующей обработкой образца концентрированной (разбавление дистиллятом 1:1) соляной кислотой в течение 10 минут при 20–25 °С с окончательной промывкой образца дистиллятом.	¹³⁷ Cs 2019 ⁶⁰ Co 576	+80 с постепенным повышением в течение 20–25 минут до стационарного значения +135
3	Механическая зачистка образца наждачной бумагой № 2–3, промывка дистиллятом. Обработка образца в течение 3 час. при 90–100 °С в 3 % растворе щавелевой кислоты. Промывка образца дистиллятом после кислотной обработки.	¹³⁷ Cs 1811 ⁶⁰ Co 309	+ (150–160)
4	Механическая зачистка образца наждачной бумагой № 2–3, промывка дистиллятом. Обработка образца в течение 3 час. при 90–100 °С в 3 % растворе щавелевой кислоты, содержащем 0,1 % пероксида водорода. Промывка образца дистиллятом после кислотно-пероксидной обработки.	¹³⁷ Cs 1738 ⁶⁰ Co 301	+ (170–172)
5	Механическая зачистка образца наждачной бумагой № 2–3, промывка дистиллятом. Обработка образца в течение 3 час. при 90–100 °С в 3 % растворе щавелевой кислоты. Пассивация в 10 ⁻³ моль/л растворе азотной кислоты в течение 4 час. при 90–100 °С. Промывка запассивированного образца дистиллятом.	¹³⁷ Cs 1524 ⁶⁰ Co 254	+ (160–165)
6	Механическая зачистка образца наждачной бумагой № 2–3, промывка дистиллятом. Обработка образца в течение 3 час. при 90–100 °С в 3 % растворе щавелевой кислоты. Пассивация в 10 ⁻³ моль/л растворе азотной кислоты с добавкой нитрата алюминия (золь Al ₂ O ₃ -А(20мг/л в пересчете на алюминий) в течение 4 час. при 90–100 °С. Промывка запассивированного образца дистиллятом.	¹³⁷ Cs 1103 ⁶⁰ Co 87	+ (188–190)

Примечания:

1. Образцы имели форму полуцилиндров (распиленная на две части парогенераторная трубка) высотой около 50 мм с площадью поверхности 21–25 см² (первая партия образцов) и сегменты парогенераторной трубки (вторая партия образцов) с высотой около 50 мм и площадью поверхности 8–9 см².
2. При обработке образцов растворами поддерживали соотношение Vp-ра/Образца = 10/1 мл/см².
3. Равновесный стационарный потенциал определяли, помещая образец в боратный буферный раствор.

Видно, что чем выше РЭХП, тем ниже сорбция. Наибольшая она на стали, обработанной соляной кислотой, где стационарный потенциал минимальный, а наименьшая – на образ-

цах, обработанных раствором нитрата алюминия с азотной кислотой, где электрохимический потенциал наибольший (рис. 1–2).

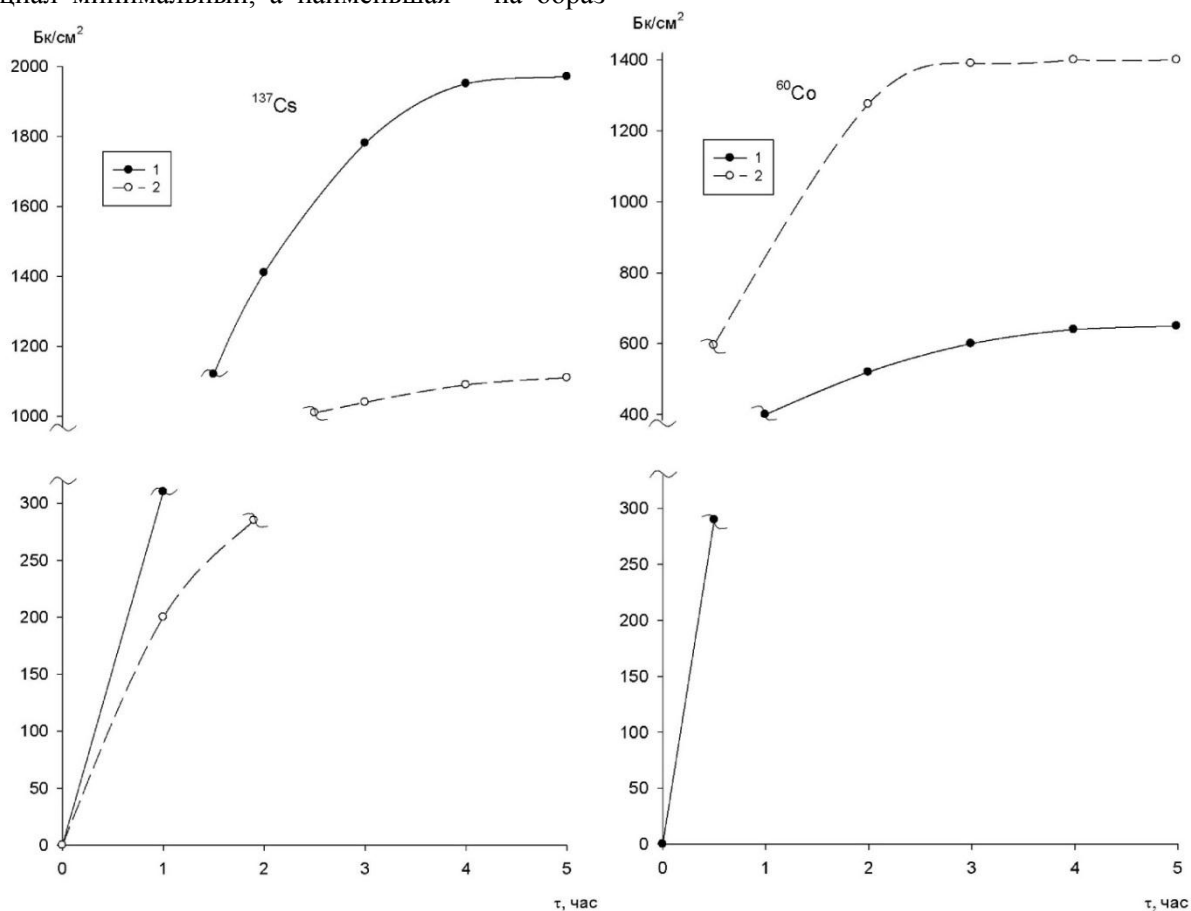


Рис. 1. Кинетика сорбция радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co на поверхности стали после пассивации в азотной кислоте (50мг/л, pH=3): 1 - легированная сталь 08X18N10T; 2 - перлитовой стали Ст20

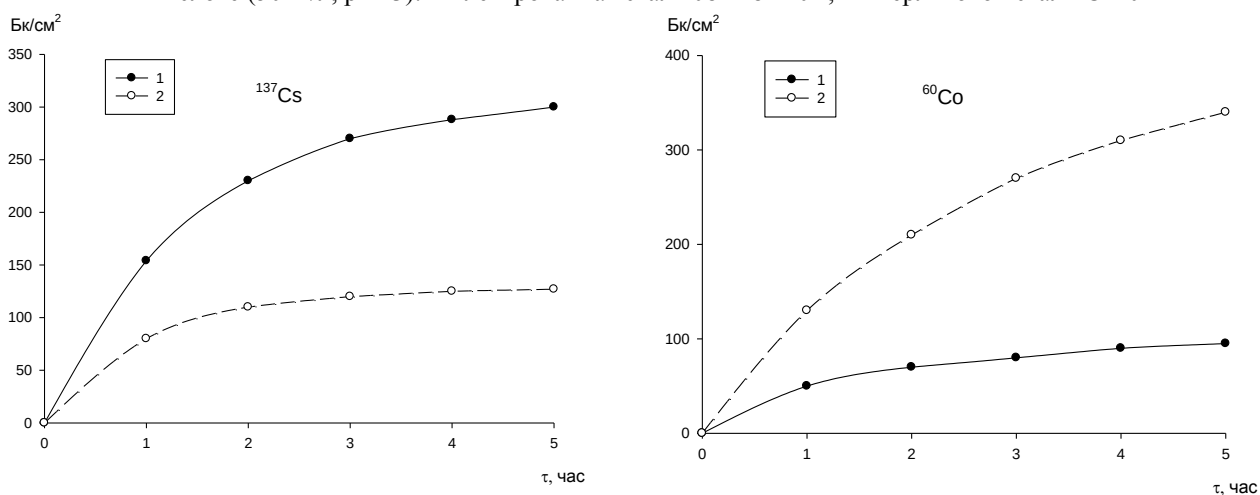


Рис. 2. Кинетика сорбция радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co на поверхности стали после пассивации в азотной кислоте (50мг/л, pH=3) + гидрозоле Al_2O_3 (В) (10мг/л) + обработка нитритом натрия (10мг/л): 1 – легированная сталь 08X18N10T; 2 – перлитовой стали Ст20

Сорбция цезия-137 почти на порядок выше сорбции кобальта-60.

Объяснение полученного эффекта простое: чем положительнее заряжена поверхность металла, тем в большей степени происходит оттал-

кивание от нее положительных ионов и, как следствие, сорбция снижается. Более положительные ионы Co^{2+} отталкиваются от положительно заряженной поверхности в большей степени, чем ионы Cs^+ [4–5].

Интересно, что на поверхности перлитной стали, которая в этих условиях находится в активном состоянии, наблюдается обратная картина – сорбция ^{60}Co значительно превосходит сорбцию ^{137}Cs (рис. 2).

Как перлитная сталь СТ-3, так и легированная сталь 08X18H10T, подвергнутые обработке золей Al_2O_3 (В) в 7–10 раз снижает сорбцию радионуклидов ^{60}Co и ^{137}Cs (рис. 2).

В заключении следует еще раз отметить, что добавка коллоидного раствора – золя Al_2O_3 в пассивирующие кислые азотонитратные растворы позволяет значительно повысить защитные свойства образовавшихся покрытий и предотвратить развитие местных видов коррозии (язв, питтингов, растрескивания и т.п.). Ионы алюминия необходимы для инициирования образования защитных покрытий на тех участках поверхности металла, где нет центров кристаллизации оксидов, т.е. на активных участках.

Выводы.

Представлены результаты экспериментов по сорбции радионуклидов на поверхности легированной и перлитной стали и замечена ее связь с величиной равновесного электрохимического потенциала.

При переводе стали в пассивное состояние путем пассивации в азотной кислоте ($\text{pH}=3$) наблюдается значительное снижение сорбции радионуклидов ^{60}Co , ^{137}Cs (в 7–10 раз) по сравнению с не пассивированной сталью. На нержавеющей стали сорбция ^{137}Cs значительно превосходит сорбцию ^{60}Co , тогда как на поверхно-

сти перлитной стали, которая в этих условиях находится в активном состоянии, наблюдается обратная картина – сорбция ^{60}Co превосходит сорбцию ^{137}Cs .

Обработка как легированной, так и перлитной стали золями оксида алюминия позволяет дополнительно снизить сорбцию радионуклидов: а) по ^{137}Cs на легированной стали в 6 раз, а на перлитной стали – в 9 раз; б) по ^{60}Co на легированной стали в 6 раз, а на перлитной стали – в 4 раза.

**Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект №14-41-08067.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малышев А.Б. О развитии ядерной энергетики в Российской Федерации // Бюллетень по атомной энергии. 2007. №8, С.17-19.
2. Radiation resistance of structural radiation-protective composite material based on magnetite matrix / R. N. Yastrebinskii, G. G. Bondarenko, V. I. Pavlenko // Inorganic Materials: Applied Research, 2016, Vol. 7, No. 5, pp. 718–723.
3. Морозова И.К., Громова А.И., Герасимов В.В. и др. Вынос и отложения продуктов коррозии реакторных материалов. Атомиздат. М., 1975, 190 с.
4. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: 1975, 235 с.
5. Шаталов А.Я. Электрохимические основы теории коррозии металлов. Воронеж., 1971. 220 с.

Yastrebinsky R. N., Pavlenko V.I.

DECREASE IN RADIOACTIVE POLLUTION OF THE SURFACE OF STEEL STRUCTURES

In work results of experiments on sorption of radionuclides on the surface of the alloyed and perlitny steel are presented and her communication with the size of equilibrium electrochemical potential is noticed.

At transfer of steel to a passive state by passivation in nitric acid ($\text{pH}=3$) considerable decrease in sorption of radionuclides ^{60}Co , ^{137}Cs (at 7–10 times) in comparison with not passivated steel is observed. On stainless steel sorption ^{137}Cs considerably surpasses sorption ^{60}Co whereas on the surface of perlitny steel which in these conditions is in an active state the return picture is observed – sorption ^{60}Co surpasses sorption ^{137}Cs .

Processing as alloyed, and perlitny steel of a zolyama of oxide of aluminum allows to reduce sorption of radionuclides in addition: а) on ^{137}Cs on the alloyed steel by 6 times, and on perlitny steel – by 9 times; б) on ^{60}Co on the alloyed steel by 6 times, and on perlitny steel – by 4 times.

Key words: *perlitny became, alloyed became, radionuclides, sorption, stationary potential, chemical processing, decrease in radioactivity*

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

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: yrnndo@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/22256

Гукова Е.А., магистрант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

gukova@bsu.edu.ru

На современном этапе развития экономики, особое внимание в строительной отрасли уделяется проблеме логистизации строительства. Высокая конкурентоспособность на рынке в строительной отрасли вызвала необходимость в формировании механизма управления цепями поставок, т.к. логистизация обладает ресурсосберегающим свойством. В статье исследованы такие элементы механизма управления цепями поставок в строительной отрасли как координация транспортных маршрутов, система складирования и оптимизация закупок, разработана авторская модель внедрения эффективной системы маршрутизации грузовых перевозок, как элемента конкурентоспособности на рынке в строительной отрасли.

Ключевые слова: логистизация строительства, управление цепями поставок, логистика, маршрутизация грузовых перевозок.

Введение. На современном этапе развития экономики, особое внимание в строительной отрасли уделяется управлению цепями поставок, процессом управления информационными и материальными потоками, координацией транспортных маршрутов и системой складирования, оптимизацией закупок, сотрудничеством с поставщиками и партнерами, а также интеграцией снабжения и производства. **Управление цепями поставок в строительной отрасли имеет отличительные характеристики.** В строительстве организация является основным потребителем в системах логистической цепи поставщиков стройматериала. Использование логистического подхода на предприятии предполагает описание существующих потоковых процессов, а материальные, информационные, финансовые и сервисные потоки рассматриваются во взаимной связи и взаимном влиянии [1]. При грамотном логистическом подходе можно уменьшить затраты, изменяя время исполнения заказов, надежность поставок.

Управление цепями поставок в строительной отрасли делает логичным процесс разгрузки-погрузки. Появляется возможность точного расчета, например, расчета размещения стройматериалов на стройплощадке, рационализации труда персонала. Также становится возможным точно составлять карту движения автотранспорта, распределения по продукции, весу, надежности перевозки. В настоящее время организация материально-технического обеспечения строительства на корпоративном уровне характеризуется наличием проблем, которые снижают эффективность работы, и как следствие, к мате-

риальным и финансовым потерям. Эти причины характерны в целом для материально-технического снабжения компаний и лишь в определенной доле зависят от строительного производства [2]. Высокая конкурентоспособность на рынке в строительной отрасли вызвала необходимость в логистизации строительства, т.к. управление цепями поставок обладает ресурсосберегающим свойством, что дает возможность быть конкурентоспособными на отраслевом рынке, поскольку системно подходит к организации экономических потоков в процессе строительства зданий и сооружений [3]. Говоря о строительном комплексе, нужно отметить ряд факторов в использовании логистики, которые необходимо учесть для получения конкурентных преимуществ на рынке и, соответственно, повышения эффективности [4].

Методология. В процессе проведения исследования и обоснования рекомендаций использовались труды отечественных и зарубежных ученых в области макроэкономики, управления, логистики, экономики и организации строительства.

Проблемам разработки механизма управления цепями поставок, в том числе и в строительной отрасли посвящен ряд работ отечественных и зарубежных авторов - Н.В. Афанасьевой, Е.П. Белотелова, Ю.Н. Голубева, М.П. Гордона, Е.П. Жаворонкова, М.Е. Залмановой, С.Б. Карнаухова, Е.К. Ивакина, К.В. Инютиной, Д.Т. Новикова, О.А. Новикова, О.Д. Проценко, В.М. Пурлика, А.И. Семененко, Д.В. Соколова, В.Н. Стаханова, С.А. Уварова и других. В ходе

работы применялись методы системного анализа, построения систем управления.

Основная часть. Сущность управления цепями поставок заключается в том, что материальные, финансовые, информационные и сервисные потоки начинают рассматривать как единое целое. Строительная отрасль чутко реагирует на изменения в системе управления цепями поставок. Это объясняется тем, что стройки рассредоточены на больших расстояниях, а при этом необходимо учитывать различные объемы потоков материальных ресурсов, учета времени доставки в определенный период строительства различных объектов. Также значительное внимание необходимо уделить сопряженности процесса доставки материальных ресурсов с непосредственным циклом строительства и постоянной изменчивости номенклатуры материалов и изделий от различных поставщиков.

Все это вызывает необходимость сбалансированной работой между многими подразделениями в строительной организации и что, в свою очередь, приводит к необходимости разработки механизма управления цепями поставок в рамках единого потокового процесса транспортировки и доставки строительных материалов и отправки и получения информации одновременно между всеми участниками.

На современном этапе развития экономики существуют как общие проблемы, вызванные российскими инфраструктурными факторами [5-9], так и специальные, влияющие на развитие логистических систем в строительстве. Так, например, в системе распределения ресурсов взаимодействует относительно небольшое количество крупнооптовых и среднеоптовых организованных товарных рынков, обработка материальных потоков нуждается в современном технологическом оборудовании, наблюдаются лишь частичная механизация и автоматизация складских процессов [10].

Все эти факты говорят о том, что в строительной отрасли назрела острая необходимость разработки системы управления цепями поставок. Это касается системы закупочной, производственной, распределительной и транспортно-складской логистики. Система закупочной логистики регулирует начальный этап закупок материальных и технических средств и производственно-технологической комплектации строек, а также организует потоки финансовых, информационных и трудовых ресурсов. Система предпринимательской логистики организуют потоки ресурсов предприятий поставщиков и строительной организации в процессе производства строительных конструкций, изделий и других материалов, проектно-конструкторских,

строительно-монтажных и пусконаладочных работ. Система распределительной логистики способствует организации потоков готовой строительной продукции, работ и услуг, предоставляемых потребителям, а также сопровождающие их потоки финансов, информации и трудовых ресурсов. И, наконец, система транспортно-складской логистики организуют грузопотоки и внутрискладские потоки строительной фирмы.

Более подробно рассмотрим такое направление управления цепями поставок в строительстве как транспортно-складскую логистику. Функция складирования является одной из основ для непрерывной организации строительно-монтажных работ при строительстве объектов, т.к. запасы представляют собой своеобразный накопитель материальных ресурсов, через который он движется как материальный поток только в одном направлении – к конечному потребителю. Транспортировка материальных ресурсов цепи поставок требует сосредоточенности в определенных местах необходимых для строительства объектов запасов, для чего предназначены соответствующие склады. Особое значение приобретает учет текущего уровня запаса на складах различных уровней, определение размера гарантированного запаса, расчет размера заказа, определение интервала времени между заказами и др. [11].

Необходимость в запасах формируется по воздействию таких факторов, как несоответствие количества необходимого для строительства целого объекта и одноразового потребления стройматериалов, что ведет к большому накоплению материальных ресурсов. Так как хранение запасов связано с издержками по их складированию, то необходимо рассчитать необходимый объем в определенный промежуток времени их объем. В условиях неполной информации о модели спроса возможно применения алгоритма осуществления управления поставками с минимальными издержками, которые обеспечивают заданный коэффициент загруженности транспортного средства [12-13].

Возможно также и применение расчетов с учетом синхронного изменения интервала движения и объема поставки материальных средств. От того какая форма товародвижения принята в той или иной строительной организации применяются такие методы как периодичный, релаксационный и метод двух складов. Применение этих методов дает возможность упорядочить их параметры, в которые входят такие элементы как границы колебания запаса, интервалы поставок, вероятную величину запаса и размер заказа на поставку материа-

лов и изделий. Транспортная составляющая является связующим звеном в управлении цепями поставок. Сокращение издержек на транспортировку материальных и технических ресурсов

за счет рационального использования транспортных средств и замены его на более совершенные модели обеспечивает процесс ресурсосбережения в строительной организации.

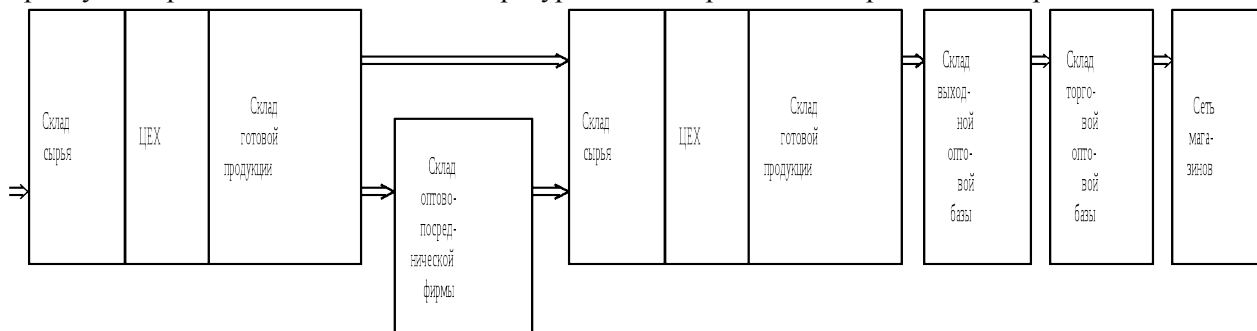


Рис.1. Принципиальная схема цепи складов на пути материального потока от первичного источника сырья до конечного потребителя

Элементами логистики на складе являются снабжение запасами строительных материалов, контролинг в сфере запасов, разгрузочно-погрузочные работы, движение транспорта непосредственно внутри и перевалку грузов (рис.1), складирование и хранение грузов, комплектование заказов клиентов и отгрузку, сбор и доставку порожних товароносителей, информационное обслуживание склада, обеспечение обслуживания клиентов. Если срок реализации заказов превышает среднестатистическое значение для конкретной организации, склад в таком случае будет перезагружен. Например, при среднем уровне спроса на данный товар, равном 200 изделий в неделю, и сроке его поставки заказчику, равном двум неделям, общий объем переходных запасов этого товара составит в среднем 400 изделий.

Для вычисления (оценки) среднего количества технологических, или переходных, товарно-материальных строительных запасов в данной системе материально-технического обеспечения в целом используют следующую формулу:

$$J = ST \quad (1),$$

где J – общий объем технологических, или переходных (находящихся в процессе транспортировки), товарно-материальных запасов; S – средняя норма продаж этих запасов на тот или иной период времени; T – среднее время транспортировки.

Как правило, заказчик заказывает более единиц материальных ресурсов, чем должно быть востребовано в ходе строительных работ, что снижает риск при транспортировке заказов на строительные площадки, находящиеся на значительном расстоянии друг от друга. Это создает трудности при отправке заказчику товаров в количествах меньше установленного размера. При этом существуют определенные огра-

ничения на размер товарно-материальных запасов. Ограничителем выступают издержки их хранения, поэтому возникает необходимость достижения баланса между преимуществами и недостатками заказывания, с одной стороны, хранения товаров – с другой.

Для достижения баланса необходимо выбрать оптимальный объем партий заказанных товаров или определением экономического (оптимального) размера заказа – *economic order quantity* (EOQ), который вычисляется по формуле

$$EOQ = 2AD/vr \quad (2),$$

где A – затраты на производство; D – средний уровень спроса; v – удельные затраты на производство; r – затраты на хранение.

Резервные, или буферные, товарно-материальные запасы служат своего рода аварийным источником снабжения в тех случаях, когда спрос на данный товар превышает ожидания. На практике спрос на товары удается точно спрогнозировать чрезвычайно редко. Это же относится и к точности предсказания сроков реализации заказов. Отсюда и необходимость в создании резервных товарно-материальных запасов.

Управление цепями поставок в строительной отрасли, включая транспортировку материальных и технических ресурсов, хранение, складирование и грузопереработку, позволяет сократить повторные складские перевалки грузов не менее чем в 1,5–2 раза. При условии комплексного учета совокупных затрат на перевозку материальных ресурсов, складирование продукции, на погрузочно-разгрузочные работы, создается возможность сократить расходы на передвижение, например, при автомобильных перевозках на 7–20 % и при железнодорожных перевозках на 5–12 % [14]. В частности, от

строительного предприятия требуются сформулированные требования по организации логистического обслуживания, которые определяются планами и графиками строительных работ, спецификацией, обусловленной строительной

технологией, а также стоимостными, временными и качественными характеристиками ожидаемого сервиса. Остальные решения должны быть закреплены [15] за логистическим провайдером (рис. 2).

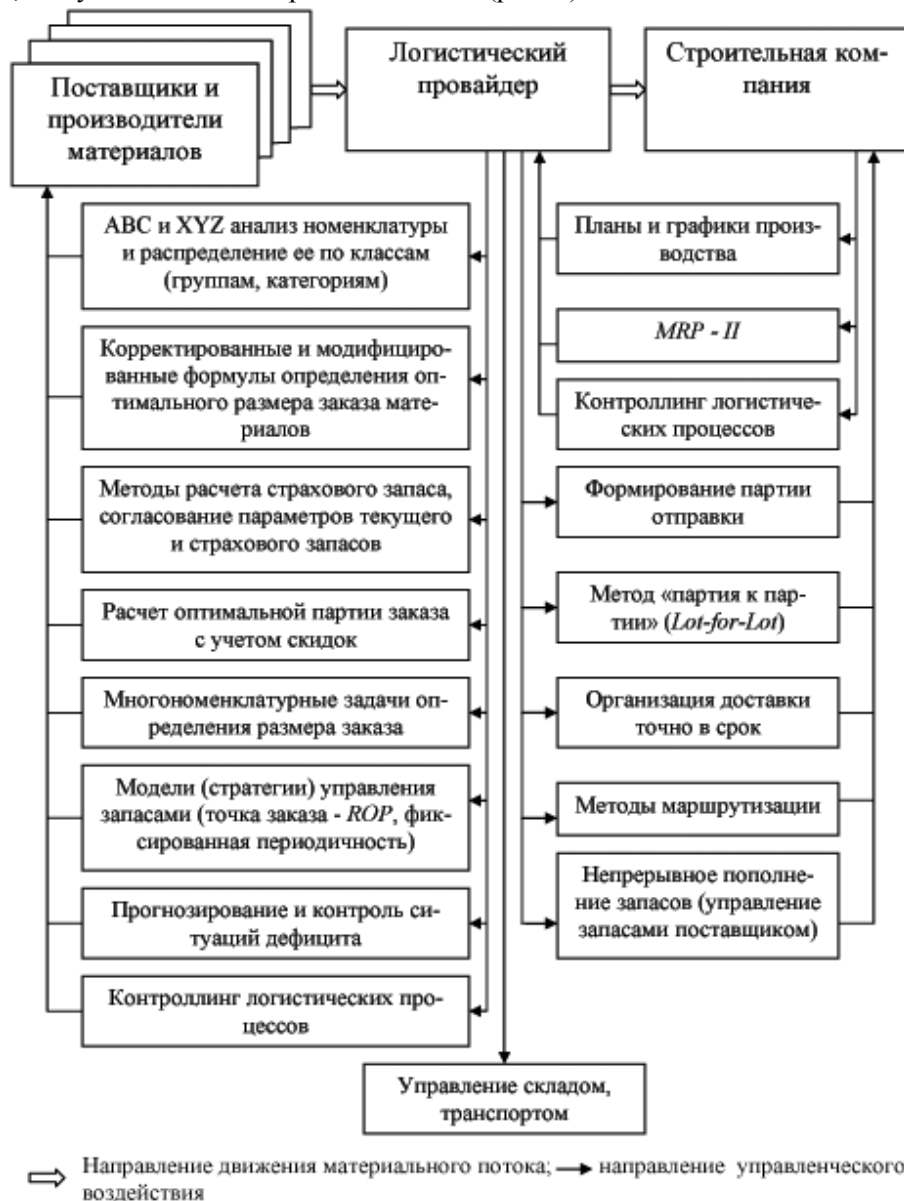


Рис. 2. Решения, принимаемые в цепи поставок строительных материалов

Логистический провайдер регулирует вопрос организации обслуживания, что подразумевает формирование и отправку одно- и многономенклатурных партий поставок на строительные объекты, организация доставки по маршрутам с учетом номенклатуры материалов, их совместимости при перевозке в одном транспортном средстве и количества обслуживаемых объектов, управление запасами на объектных складах.

Можно сделать вывод, что одной из главных задач организации транспортного процесса при создании базы материальных ресурсов для строительства объектов необходимо обеспечить процесс грузопотоков без потерь от по-

ставщика до конечного потребителя, поэтому рекомендуется рассматривать их очень подробно. Для этого необходимо свести всю информацию о грузоперевозках, их сроках, объемах в шахматную ведомость грузооборота каждого строительного объекта. Величина грузопотока рассчитывается исходя из данных о необходимом времени потребления строительных ресурсов, что должно строго соответствовать производственному плану строительства объектов. Также необходимо следить за выполнением отправки материальных ресурсов в соответствии с графиком отгрузки заводов-поставщиков путем маршрутизации перевозок. В ходе данного исследования разработана схема внедрения эффек-

тивной системы маршрутизации грузовых перевозок в строительной отрасли (рис. 3).



Рис. 3. Внедрение эффективной системы маршрутизации грузовых перевозок

Проектирование транспортного обслуживания в системе комплектации строительства материальными ресурсами делает возможным строительным организациям улучшить работу диспетчерских служб, уменьшить затраты времени на выполнение погрузочно-разгрузочных операций и обеспечить сохранность доставляемых на стройки грузов.

Выводы. Формирование механизма управления цепями поставок в строительной отрасли должно привести к формированию целостной логистической системы, которая призвана, обеспечить координацию всех процессов товародвижения к конечному потребителю, включая закупку строительных материалов, комплектацию, управление запасами и незавершенным производством, производственное диспетчирование. Осуществляется интеграция функций управления и контроля за материальными потоками, технологических процессов строительной фирмы и ее партнеров, материальных и информационных потоков. Управление цепями поставок отвечает за балансирование потребностей и поставок интегрировано по всей цепи создания добавленной стоимости и определяет около 30% успеха бизнеса[16]. Таким образом, организация приобретает возмож-

ность перехода к целостной системе управления цепями поставок, в которой достижение бизнес целей предполагает формирование рациональной организационной интеграции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левкин Г.Г. Логистика как предмет внутрифирменного консалтинга при совершенствовании логистической системы // Вестник Омского университета. Сер. «Экономика». 2010. № 3. С. 113–118.
2. Никулин М. Ю. Кластерная модель системы логистики рассредоточенного строительства: дис... канд. эконом. наук. М., 2010. 193 с.
3. Насанович Д. Н. Логистика в строительстве // Транспортные коммуникации: сб.материалов 69 и 70 студенческой научно-технической конференции. Минск: Изд-во БНТУ, 2014. С. 119–120.
4. Никаноркин И.С., Мебадури З.А. Основные направления эффективного управления предприятиями строительного комплекса // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. 2014. № 2 (30) [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://cyberleninka.ru/>

article/n/osnovnye-napravleniya-effektivnogo-upravleniya-predpriyatiyami-stroitel'nogo-kompleksa (дата обращения: 2.10.2009).

5. Гридчин А.М., Лесовик В.С. От бюджетного выживания к инновационному развитию // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 10–12.

6. Глаголев С.Н., Севрюгина Н.С., Козлова Н.В., Конев А.А. Формирование придорожных сервисных комплексов как компонента транспортно-логистического кластера в общей системе инновационного развития региона // Авто-транспортное предприятие. 2012. № 11. С. 42–44.

7. Тхориков Б.А. Методология индикативного управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 154–157.

8. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Сомина И.В. Теоретические аспекты инвестиционной привлекательности экономических систем // Белгородский экономический вестник. 2014. № 2 (74). С. 3–7.

9. Гукова Е.А., Герасименко О.А. Цели, задачи и методы государственного воздействия на предпринимательскую деятельность // Научный альманах. 2015. № 9 (11). С. 130–132.

10. Калашников С.А., Ильин А.А. Логистические резервы повышения эффективности

функционирования предприятий дорожного строительства // Вестник Самарского государственного университета. 2015. № 8 (130). С. 117–121.

11. Муртазинова К. Р. Управление цепью поставок на основе логистики // Молодой ученый. 2012. №3. С. 174–176.

12. Koshkin G., Smagin V. Filtering and prediction for discrete systems with unknown input using nonparametric algorithms // Proc. 10th International Conference on Digital Technologies. Zilina, Slovakia, July 9–11. 2014. P. 120–124.

13. Janczak D., Grishin Y. State estimation of linear dynamic system with unknown input and uncertain observation using dynamic programming // Control and Cybernetics, 2006. Vol. 35. No. 4. P. 851–862.

14. Воронков А.Н., Лопаткина Т.Н. Транспортно-складская логистика строительства. Н. Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2010. 146 с. 14.

15. Плетнева Н. Г., Власова Н. В. Развитие логистики в строительстве: особенности, перспективы, методы принятия решений // Проблемы современной экономики. 2009. № 2 (30). С. 251–253.

16. Литвина Д.Б. Особенности взаимодействия концепции «логистики» и «управления цепями поставок» в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2012. №4 (23). С. 127.

Gukova E.A.

FORMATION MECHANISM OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN CONSTRUCTION INDUSTRY

At the present stage of economic development, special attention is paid to the construction industry problem logistizatsii construction. The high competitiveness of the market in the construction industry has caused the need for the formation of the mechanism of management of supply chains, because Logistizatsija has a resource-saving feature. The article explores these elements of supply chain management mechanism in the construction industry as the coordination of transport routes, storage system and optimization of procurement, the author developed a model of the effective implementation of freight traffic routing system as an element of competitiveness in the market in the construction industry.

Key words: logistizatsija construction, Supply Chain Management, logistics, routing cargo.

Гукова Елена Арсеновна, магистрант кафедры менеджмента и маркетинга.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Адрес: Россия, 308000, Белгород, ул. Победы, д. 85.
E-mail: gukova@bsu.edu.ru

DOI: 10.12737/22437

**Кикалишвили Д.Г., аспирант,
Моисеев В.В., д-р ист. наук, доц., проф.**
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

din_prof@mail.ru

В условиях западных санкций, резкого падения цен на нефть и другие энергоносители, в России остро стал вопрос об импортозамещении технологий и товаров из-за рубежа. В статье обосновывается, что в непростой экономической ситуации, выход из которой состоит в диверсификации российской экономики, переводе ее с сырьевого на инновационный путь развития, включающий процессы замещения технологий и товаров, важная роль принадлежит государственной политике импортозамещения в экономике в целом и строительной отрасли в частности. Обращается внимание на необходимость государственного регулирования данной сферы экономической деятельности, выработки эффективных критериев адресной поддержки импортозамещающих производств в строительной отрасли, возможность адаптации зарубежной практики импортозамещения и др. Делается вывод о том, что экономически грамотная политика импортозамещения может стать катализатором роста российской строительной отрасли, более эффективной её работы в условиях западных санкций.

Ключевые слова: западные санкции, строительная отрасль, импортозамещение технологий и товаров.

Введение. Президент Российской Федерации В.В. Путин, выступая в Кремле с ежегодным посланием 3 декабря 2015 г. отмечал: «В прошлом году мы столкнулись с серьёзными экономическими вызовами. Упали цены на нефть, другие наши традиционные экспортные товары, был ограничен и доступ российских финансовых учреждений, компаний на мировые финансовые рынки. Знаю, что многим сейчас непросто. Сложности в экономике сказываются на доходах и в целом на уровне жизни наших людей. И хорошо понимаю, что люди задаются вопросами: когда мы преодолеем трудности и что для этого будем делать?» [1]

Одним из направлений преодоления трудностей, вызванных очередным экономическим кризисом и западными санкциями, резким сни-

жением цен на нефть и другие сырьевые товары, которые традиционно экспортирует Россия, является импортозамещение. Дело в том, что наша страна в последние 15 лет не особенно сильно развивала собственное промышленное производство, особенно в обрабатывающем секторе, но формировала экономику сырьевого типа. Экспорт сырья за рубеж (нефти, газа, металлов, леса, удобрений и других минеральных продуктов вырос с 75,5 % в 2000 до 81,1 % в 2014 году). При этом наша страна импорт рос в разы. За период 2000–2014 годов объем ввозимой иностранной продукции увеличился в 8,4 раза [2]

В настоящее время, доля импорта в различных отраслях экономики крайне высока. Об этом свидетельствует следующая таблица.

Таблица 1

Зависимость от импорта некоторых отраслей экономики РФ.

Отрасль	Текущая доля импорта	Цель к 2020 году
Гражданское самолетостроение	более 80 %	40 %
Тяжелое машиностроение (в зависимости от категории продукции)	60–80 %	35 %
Нефтегазовое оборудование	60 %	40 %
Станкостроение в легкой промышленности	70–90 %	50 %
Сельхозмашиностроение (в зависимости от категории продукции)	50 %–90 %	40 %
Радиоэлектронная промышленность	80–90%	40 %
Фармацевтическая и медицинская промышленность	70–80 %	60 %
Строительная отрасль (в зависимости от сектора (дорожное, жилищное и т.п.))	50 %–90 %	40 %

Из таблицы следует, что зависимость отраслей экономики некогда великой державы мира от импорта чрезмерно велика. В ряде отраслей она достигает 90 %. Получается, что отечественные производители сегодня способны насытить рынок только на 10 %. О какой экономической (и национальной) безопасности можно при этих показателях рассуждать? Страшно представить, что произойдет в Российской Федерации, если импортные лекарства перестанут поступать (такие негуманные санкции при обострении отношений с Западом вполне реальны). В этом случае умрут раньше срока почти

все сердечники, больные сахарным диабетом и другие категории россиян, потребляющие импортные лекарства при отсутствии отечественных.

Особенно заметна импортозависимость в дорожном строительстве. В этом можно наглядно убедиться, проезжая мимо участков российских дорог, где работает дорожная техника. Название сплошь на иностранных языках – сделано где угодно, только не в России. В качестве дополнительного аргумента – следующая таблица.

Таблица 2

Номенклатура дорожно-строительной техники с долей импорта до 90 – 95%

№ п.п.	Наименование вида дорожно-строительной техники	Производитель, страна производства
1	Асфальтобетонные укладчики	«Vogele», «Demag» (пр-во ФРГ); «Marini» (Пр-во Италия); «Caterpillar», «Roadtec» (пр-во США).
2	Бульдозеры дизельные	«Dressta» (пр-во Польша); «Komatsu» (пр-во Япония); «Liebherr» (пр-во ФРГ).
3	Фрезеровочное оборудование дорожное	«Wirtgen» (пр-во ФРГ); «Caterpillar», «Bitelli» (пр-во США).
4	Автомобильные грейдеры	«John Deere», «Caterpillar» (пр-во США); «Volvo» (пр-во Швеции).
5	Дизельные экскаваторы	«Hyundai», «Doosan» (ЮЖНАЯ КОРЕЯ); «JCB», «Caterpillar» (пр-во США); «Volvo» (пр-во Швеции); «Komatsu», «Hitachi» (пр-во Япония).
6	Автопогрузчики	Hyundai (пр-во южная Корея); «Caterpillar», «John Deere», «JCB» (пр-во США).
7	Асфальтоукладочные катки	«Case» (пр-во США); «Bomag», «Hamm» (пр-во ФРГ); «Dynapack» (пр-во Швейцария).

Из таблицы видно, что основная дорожно-строительная техника, без которой невозможно в настоящее время в России прокладывать современные автомагистрали и ремонтировать старые дороги, почти целиком ввозится из-за рубежа. Ну, а если с расширением западных санкций запретят экспорт в Россию этой техники и запчастей к ней, что будут делать наши замечательные дорожники, на чем работать – или вернуться к ручному труду времен первых пятилеток – к кирке и лопате?

В результате Россия впала в зависимость от стран-экспортеров и их политики. Под угрозой оказалась не только экономическая, но и национальная безопасность страны. Эту реальную опасность хорошо понимало политическое руководство страны, которое заставило правительство перейти от слов к разработке программ импортозамещения в России.

Реализация программ импортозамещения затрагивает массу отраслей экономики и областей производства. Проблема эффективного импортозамещения в российской экономике не нова, и периодически поднимается в правительственных и бизнес кругах, а также в научных исследованиях и публикациях. Импортозамещение представляет собой тип экономической стратегии и промышленной политики государства, направленный на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых промышленных товаров товарами национального производства. Стратегия импортозамещения предполагает постепенный переход от производства простых товаров к наукоемкой и высокотехнологичной продукции путем повышения уровня развития производства и технологий. Сама по себе стратегия импортозамещения опирается на развитие производства, повышение качества производимого товара, технологий

применяемых на предприятиях, развитие инноваций. Результатом импортозамещения должно стать повышение конкурентоспособности отечественной продукции посредством стимулирования технологической модернизации производства, повышения его эффективности и освоения новых конкурентоспособных видов продукции с относительно высокой добавленной стоимостью. Разумное решение этой проблемы позволит не только сократить импорт, сохранив в стране значительный объем валютных средств, но и удешевить товары, поддержать отечественного производителя, создать новые рабочие места [4].

Значительное импортозамещение наблюдалось в России после сильной девальвации рубля, произошедшей в 1998 году. В 1998 году объем импорта в Россию сократился на 20 % (до \$74 млрд), в 1999 году – ещё на 28 % (до \$53 млрд). При этом возросший после кризиса спрос на отечественную продукцию был достаточно легко удовлетворён на экстенсивной основе за счёт незагруженных производственных мощностей. Вызванное девальвацией снижение импорта стало важнейшим фактором экономического роста. В дальнейшем импортозамещение продолжилось, но уже было менее интенсивным. Дополнительный толчок ему дал экономический кризис 2008–2009 годов, сопровождавшийся значительным падением курса рубля. Новый этап импортозамещения начался с 2014 г. с обрушением национальной валюты и введением против России политических и экономических санкций в связи с известными событиями на Украине.

Проблемы импортозамещения периодически поднимаются руководством страны. 5 ноября 2009 года президент В.Путин заявил, что программы импортозамещения действуют во многих отраслях реального сектора экономики, прежде всего там, где у России имеются очевидные конкурентные преимущества, такие, как доступное сырьё, большой внутренний рынок, многолетние традиции и опыт. Глава государства привёл в качестве примеров таких отраслей лесную промышленность, лёгкую промышленность, фармацевтику, автомобилестроение. По его мнению, импортозамещение не является самоцелью, и иногда выгоднее эффективно функционировать в рамках международного разделения труда, получать дешёвый качественный продукт за границей. Но в некоторых случаях Россия должна «уделять внимание импортозамещению». Национальный лидер подчеркнул, что цель состоит не в закрытии внутреннего рынка и консервации отсталости, а, наоборот, в создании по-настоящему конкурентоспособных

новых производств, выпускающих качественные и востребованные потребительские товары.

Основная часть. В конце 2013 г. Министерство регионального развития РФ разработало и утвердило «Стратегию развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года». Стратегия рассматривает основные (базовые) строительные материалы, изделия и конструкции, которые позволят добиться увеличения объемов строительства, в том числе жилищного. Реализация «Стратегии» будет способствовать модернизации и технологическому развитию производственной базы индустриального домостроения, созданию долгосрочных условий для устойчивого развития предприятий строительных материалов и повышению их конкурентоспособности, а также преодолению технологического отставания российских предприятий строительных материалов от предприятий ведущих иностранных компаний. Кроме того, намеченные в документе мероприятия направлены на развитие высокотехнологической базы по производству современного оборудования для предприятий промышленности строительных материалов, изделий и конструкций, сокращение энергопотребления на предприятиях строительных материалов, что в свою очередь способствует обеспечению экономической, и национальной безопасности Российской Федерации [5]. В соответствии с планами стратегии, ежегодные объемы производства основных стройматериалов должны увеличиться в 1,5–2 раза. Выпуск цемента и кирпича должен вырасти более чем на 50 %, теплоизоляционных материалов – более чем на 73 %, а нерудных материалов – более чем в два раза [6].

В марте 2014 года глава правительства Дмитрий Медведев обозначил импортозамещение как один из приоритетов для России. По словам премьера, потенциал страны позволяет производить самостоятельно большой спектр товаров. «Развитие импортозамещающих производств является одним из приоритетов для России, поскольку страна "слишком подседа на импортную иголку", заявил премьер-министр РФ Дмитрий Медведев на встрече с представителями инновационных территориальных кластеров. Он отметил, что «очень многие вещи, которые мы покупаем, мы способны делать сами» и потенциал страны позволяет производить самостоятельно большой спектр товаров. Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 года была утверждена новая редакция государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Одной из

главных задач госпрограммы, рассчитанной до 2020 года, заявлено снижение доли импорта продукции. Общий объем финансирования за счет федерального бюджета составляет 1060159151,4 тыс. рублей, в том числе на 2016 год – 158251741,5 тыс. рублей; на 2017 год – 121714200 тыс. рублей [7]. Месяцем позже Президент РФ Владимир Путин подписал перечень поручений о дополнительных мерах по стимулированию экономического роста, в том числе по импортозамещению в промышленности. Во исполнение поручений президента правительством был подготовлен План содействия импортозамещению в промышленности. Весной 2015 г. для выработки мер поддержки строительной индустрии в России было создано «Национальное объединение производителей стройматериалов, изделий и конструкций», которое позволит наладить диалог между производителями, Минпромторгом и Минстроем; через это объединение участники рынка смогут вносить свои предложения по развитию строительной отрасли. Кроме того, в июле 2015 года вступил в силу закон "О промышленной политике в Российской Федерации", который содержит меры поддержки высокотехнологичных производств в строительстве. Инвестиции в производства предполагается стимулировать за счет внедрения механизма специального инвестиционного контракта, а также фонда поддержки промышленности (ФПП). Фонд будет направлять средства на модернизацию существующих предприятий по ставкам на уровне европейских (до 5% в год). Разумеется, что на реализацию всех программ и планов импортозамещения в строительной отрасли потребуется не один год. Отечественные производители, которые начали строительство заводов в рамках импортозамещения, смогут предложить свой продукт не ранее чем через 3 года.

Российские СМИ в последние месяцы пестрят сообщениями о первых успехах в реализации утвержденных программ импортозамещения. Вот некоторые из таких сообщений: «Россия увеличила производство сельскохозяйственной техники в два раза; Завод “Транснефти” отгрузил первую партию отечественных насосов для нефтеперекачки; Импортозамещение инсулина запущено на заводе «Санофи»; Завод из Удмуртии начал импортозамещение титанового трубного проката; В Сибири заменят японские стройматериалы» [8].

Некоторым успехам в импортозамещении в определенной мере способствовала девальвация рубля, произошедшая в 2014–2015 годах: отечественная продукция значительно подешевела по сравнению с зарубежными аналогами. Однако

девальвация работает на импортозамещение лишь в краткосрочной перспективе. Необходимо максимально активно использовать другие механизмы снижения стоимости продукции, такие, как уменьшение административных издержек (избыточное количество проверок (в России 48 ведомств, осуществляющий контроль), выставление надуманных требований к бизнесу, коррупция при получении государственных услуг и т. д.).

Месяцем позже Президент РФ Владимир Путин подписал перечень поручений о дополнительных мерах по стимулированию экономического роста, в том числе по импортозамещению в промышленности. Во исполнение поручений президента правительством был подготовлен План содействия импортозамещению в промышленности. В апреле 2015 года Минпромторгом, Минкомсвязью, Минтрансом и Минэнерго России было разработано 19 отраслевых программ импортозамещения на ближайшие годы.

О необходимости преодоления критической зависимости от зарубежных технологий и промышленной продукции говорилось в послании Президента РФ Федеральному Собранию в конце 2014 года. Использовать складывающуюся в связи с санкциями ситуацию для выхода на новые рубежи развития Президент РФ В.В. Путин призывал и в ходе "прямой линии" в апреле 2016 года. В рамках курса на импортозамещение, объявленного президентом страны, были приняты необходимые правовые акты.

17 мая 2016 г. в Кремле под руководством президента В.В. Путина состоялось заседание Государственного совета Российской Федерации, посвященное вопросам развития строительного комплекса и совершенствования градостроительной деятельности. Обсуждались меры по развитию строительного комплекса, касающиеся, в частности, реализации инвестиционных проектов, применения новых технологий, совершенствования законодательства в строительной сфере, применения механизмов государственно-частного партнерства. Заместитель Председателя Правительства России Дмитрий Козак проинформировал, что в Государственной Думе рассматривается проект федерального закона, который позволит осуществлять мониторинг стоимости строительных ресурсов – прежде всего строительных материалов. На примере строительства Керченской переправы Дмитрий Козак обратил внимание, что когда «строительные материалы закупаются через посредников, посреднические цены увеличивают стоимость в три раза – на 200 процентов» [9]. Результаты проведения этого заседания Госсовета, другие мероприятия, проводимые в этой сфере, свиде-

тельствуют – все большее внимание уделяется высшим государственным руководством самому широкому кругу вопросов повышения эффективности строительной отрасли, включая сферу регулирования промышленности строительных материалов и изделий в целях развития импортозамещения.

Российские СМИ в последние месяцы пестрят сообщениями о первых успехах в реализации утвержденных программ импортозамещения. Вот некоторые из таких сообщений: «Россия увеличила производство сельскохозяйственной техники в два раза; Завод «Транснефти» отгрузил первую партию отечественных насосов для нефтеперекачки; Импортозамещение инсулина запущено на заводе «Санофи»; Завод из Удмуртии начал импортозамещение титанового трубного проката; В Сибири заменят японские стройматериалы» [9].

Некоторым успехам в импортозамещении в определенной мере способствовала девальвация рубля, произошедшая в 2014-2015 годах: отечественная продукция значительно подешевела по сравнению с зарубежными аналогами. Однако девальвация работает на импортозамещение лишь в краткосрочной перспективе. Необходимо максимально активно использовать другие механизмы снижения стоимости продукции, такие, как уменьшение административных издержек (избыточное количество проверок (в России 48 ведомств, осуществляющий контроль), выставление надуманных требований к бизнесу, коррупция при получении государственных услуг и т. д.).

В июле 2015 года вступил в силу закон «О промышленной политике в Российской Федерации», который содержит меры поддержки высокотехнологичных производств в строительстве. Инвестиции в производства предполагается стимулировать за счет внедрения механизма специального инвестиционного контракта, а также фонда поддержки промышленности (ФПП). Фонд будет направлять средства на модернизацию существующих предприятий по ставкам на уровне европейских – до 5 % в год.

По утверждению специалистов, в жилищном строительстве России доля импорта колеблется от 10 % в эконом-классе до 60 % в элитном жилье. В строительстве серьезных спортивных объектов – это уже от 75 % до 90 %. Переход на импортозамещение строительных материалов в России может привести к снижению их стоимости на 10–20 %. Впрочем, это произойдет не в ближайшей перспективе, а не раньше чем лет через 5, и только если импортные и отечественные производители смогут наладить необходи-

мые производства на территории РФ. Но если будет государственная поддержка, в том числе субсидирование по кредитам, которые пока слишком дорого стоят, снизится налоговое бремя (будут введены налоговые каникулы на 3–5 лет для вновь созданных предприятий), уменьшена коррупция и административные барьеры и т.п. Уже сейчас благодаря девальвации рубля объем импортных материалов, которые используют строители, постепенно снижается из-за резкого их подорожания (от 40 до 100 и более процентов). С начала 2015 г. стоимость используемых в строительной отрасли зарубежных материалов выросла в полтора-два раза. Вслед за западными коллегами подняли цены и отечественные производители. В итоге себестоимость строительства жилья, по данным застройщиков, выросла повсеместно почти на треть. Российские застройщики в целях экономии пытаются найти отечественную замену дорогостоящих западных материалов. Удается не всегда либо из-за низкого качества российских аналогов, либо из-за отсутствия их производства в России. Соотношение цена/качество складывается пока нбе в пользу отечественных производителей строительной техники и стройматериалов.

Заметим, что в настоящее время и в среднесрочной перспективе полностью заменить качественные материалы, которые поставляются из других стран, пока невозможно. Сегодня только около 15–20 % отделочных материалов и инженерно-технического оборудования поставляется странами Таможенного союза, остальное поступает из Европы, Китая и других стран. Девелоперы опасаются, что замена импортных материалов на отечественные может увеличить сроки реализации проекта. Произвести замену, когда проект прошел экспертизу, трудоемко, так как для этого требуются дополнительные как временные, так и финансовые затраты. Российские производители, которые еще не начали строительство заводов в рамках импортозамещения, но активно готовятся к этому, смогут предложить свой продукт не ранее чем через 3 года потому, что только разрешительные процедуры и разного рода согласования занимают от одного года до полутора лет. А сколько требуется собрать при этом разрешительных документов!

Российские производители готовы сменить поставщиков и начать работать с отечественными компаниями, однако существует недостаточная информированность среди участников рынка о возможностях сотрудничества. Для решения этой проблемы нужно организовывать экономические форумы, посвященные импортозамещению, создавать площадки, где производи-

тели могли бы находить партнёров и заявлять о своих потребностях в комплектующих, закупаемых за рубежом. В 2016 году импортозамещение – одна из главных тем Петербургского экономического форума, Среднерусского экономического форума, «Арена-форума» и некоторых других форумов, связанных с экономикой, в частности, со строительной сферой, которая уже не понаслышке знакома с импортозамещением и порожденными им проблемами.

Заключение. После глубокого падения мировых цен на энергоносители в 2014-2016 годах экономическая политика нашей страны с ее ставкой на экспорт нефти, газа и других видов сырья еще раз продемонстрировала свою полную несостоятельность. Ситуацию в экономике усугубили антироссийские санкции, инициированные США в связи с событиями на Украине. Курс на международную изоляцию России, на ограничение ее доступа к мировым финансовым рынкам, современным технологиям увеличит и без того существенное технологическое отставание России от западных стран. И если не предпринимать никаких мер по изменению сложившихся реалий в экономике, Российская Федерация закрепит за собой незавидную роль сырьевого придатка развитых государств. Россию ждут многие годы застоя и стагнации, если не будет реформ или не подорожает нефть.

Таким образом, актуальность темы импортозамещения не вызывает сомнений, важность поддержания данного курса очевидна для дальнейшего развития российской экономики в целом и строительного комплекса в частности. При этом не стоит забывать, что импортозамещение – это долгосрочные вложения, при которых инвестора необходимо всячески поддерживать.

Реальные шаги по разработке целостной стратегии импортозамещения в экономике, в том числе в стройиндустрии, российские власти предприняли только после введения санкций. «Импортозамещение» стало модным словом, его повторяют, как мантру, политики и управленцы всех уровней государственного и муниципального управления. Тем не менее, переход на импортозамещение строительных материалов в России может привести не только к существенному снижению их стоимости, но и развитию отечественной стройиндустрии. Впрочем, это произойдет не в ближайшей перспективе, а лет через 5-10, и только если импортные и отечественные производители смогут наладить необходимые производства строительных материалов на территории РФ, не уступающих по своим свойствам (а не только по цене) западным аналогам.

Справедливости ради следует отметить, что отечественные производители за последние годы существенно улучшили качество продукции. Однако, как показывает практика, некоторым западным образцам в строительстве до сих пор нет достойной альтернативы. Например, нет пока достойных отечественных аналогов для замены строительной техники, стройматериалов повышенного качества, в том числе для проведения фасадных работ, оборудования для прокладки инженерных сетей и т.п.

Переходу на импортозамещение во многом способствует резкое удорожание зарубежных стройматериалов. Процесс роста стоимости начался еще осенью 2014 года, но основной скачок цен пришелся на первые месяцы этого года, когда заключались новые контракты и поставщики озвучивали цены, привязанные к курсу валют. Если осенью рост цен на импорт составлял 5–20 %, то в первом квартале 2015 года он составил уже от 30 до 50 % [10].

Основными результатами реализации принятой стратегии импортозамещения должны стать замещение импортных товаров отечественными и рост объемов экспорта. Для России реальное импортозамещение, а не промышленная сборка из иностранных комплектующих – хороший шанс реализовать идеи диверсификации экономики, покончить с нефтегазовой зависимостью и перейти к производству отечественной высокотехнологичной продукции в соответствии с конъюнктурой рынка. И если результатом программы станет появление новых конкурентоспособных товаров, привлекательных как для российского, так и для зарубежных рынков, то кампанию по импортозамещению можно будет считать успешной. Для России и рядовых россиян успех в импортозамещении будет заметен, прежде всего, в улучшении качества отечественной продукции, снижении стоимости строительства для конечного потребителя, что, несомненно, будет вызывать гордость за страну и за ее стройиндустрию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Послание президента В.В.Путина Федеральному Собранию Российской Федерации 3 декабря 2015 г. – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/47173> (дата обращения: 27.02.2016).
2. Как можно заработать бизнесу на замещению импорта: разбор программы по импортозамещению в России. – URL: <http://moneymakerfactory.ru/biznes-idei/biznes-na-zameschenii-importa/> (дата обращения: 3.11.2016).

3. Перспективы развития импортозамещения в сфере дорожного строительства. – URL: <http://novainfo.ru/article/3936> (дата обращения – 09.09.2016 г.)

4. Глаголев С.Н., Моисеев В.В. Импортозамещение в экономике России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С.205.

5. Стратегия развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года. – URL: http://snipov.net/database/c_4294956183_doc_4293808072.html (дата обращения – 03.11.2016).

6. Импортозамещение стройматериалов в РФ даст эффект через 5-10 лет. – URL: http://riarealty.ru/analysis_trends/20150528/405332405.html (дата обращения – 3.11.2016).

7. России надо развивать импортозамещение, заявил Медведев. – URL: <https://ria.ru/economy/20140325/1001014233.html> (дата обращения – 10.09.2016 г.); Постановление

Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности"». – URL: <http://base.garant.ru/70643464/#text> (дата обращения – 03.11.2016).

8. Результаты импортозамещения в России: реальные успехи реализации программы. – URL: <http://zimport.ru/goodresults/> (дата обращения – 06.09.2016).

9. Информационно-аналитический портал. – URL: <http://importozamechenie.ru/otopitelnympriboram-i-sistemam-budet-udeleno-osoboe-vnimanie-pri-provedenii-gosudarstvennoj-politiki-po-povysheniyu-energoeffektivnosti-zdanij-i-sooruzhenij/#more-2714> (дата обращения – 10.09.2016 г.)

10. Импортозамещение стройматериалов в РФ даст эффект через 5-10 лет. – URL: http://riarealty.ru/analysis_trends/20150528/405332405.html (дата обращения – 3.11.2016).

Kikalishvili D.G., Moiseev V.V.

IMPORT SUBSTITUTION IN CONSTRUCTION INDUSTRY MODERN RUSSIA

In terms of Western sanctions, the sharp drop in oil prices and other energy sources, the island became a question of import substitution technologies and products in Russia from abroad. The article explains that in a difficult economic situation, the output of which is to diversify the Russian economy, translating it from the raw to the innovative way of development, including the processes of technology substitution and goods, an important role belongs to the state policy of import substitution in the overall economy and the construction industry in particular. Attention is drawn to the need for state regulation in this sphere of economic activity, the development of effective criteria for targeted support for import-substituting industries in the construction industry, the ability to adapt foreign practice of import substitution, and others. It is concluded that the economic literacy policy of import substitution can be a catalyst for growth in the Russian construction industry, more effective her work in the conditions of Western sanctions.

Key words: Western sanctions, the construction industry, import substitution technologies and products.

Кикалишвили Диана Геловна, аспирант.

кафедры социологии и управления

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

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

E-mail: di_ki93@mail.ru

Моисеев Владимир Викторович, доктор исторических наук, доцент, профессор кафедры социологии и управления.

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

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

E-mail: din_prof@mail.ru

*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*

РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

gerasimenko@bsu.edu.ru

Тема импортозамещения постоянно находится в зоне внимания законодателей, в частности Совета Федерации Федерального собрания Российской Федерации. Так, 20 апреля 2016 г. Комитет по промышленной политике Совета Федерации провел парламентские слушания «Импортозамещение в Российской Федерации: проблемы и их решения».

Как отмечено в материалах слушаний, импортозамещение в России рассматривается как тип экономической стратегии, направленной на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых товаров и технологий продуктами национального производства, которая реализуется с целью повышения конкурентоспособности отечественной продукции за счет стимулирования модернизации производства, роста его эффективности и освоения новых видов продукции с высокой добавленной стоимостью. Наряду с этим импортозамещение характеризуется как целостная реиндустриализация экономики, способствующая созданию крупных инновационных производств, интеграции промышленности и науки и созданию тысяч новых рабочих мест.

***Ключевые слова:** импортозамещение, регион, промышленная политика, экономическая политика, поддержка экспорта, реиндустриализация.*

Введение. Вопрос о необходимости импортозамещения стал особенно актуальным во многом по причине применения в отношении России экономических санкций в 2014 г., последующего снижения цен на сырьевые ресурсы, резкого падения курса российского рубля по отношению к мировым валютам, блокирования доступа к кредитам на международных финансовых рынках и прекращения трансфера технологий. Это поставило экономику России в ситуацию, когда со всей очевидностью встал вопрос о необходимости мобилизации имеющихся внутренних возможностей поддержки экономики и предотвращения ее коллапса.

Методология. Основанием для исследования проблемы развития системы импортозамещения послужили фундаментальные труды классиков научной мысли по широкому спектру проблем, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития различных 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. Переход на импортозамещение строительных материалов в России может привести к снижению их стоимости на 10–20 %. Впрочем, это произойдет не в ближайшей перспективе, а лет через 5–10, и только если импортные и отечественные производители смогут наладить необходимые производства на территории РФ.

Объем импортных материалов, которые используют строители, постепенно снижается. Это связано с тем, что изначально в бюджет была заложена стоимость материалов по старому курсу рубля, а в связи с валютными колебаниями прослеживается удорожание в среднем на 40 %, что заставляет вносить соответствующие корректировки в проекты.

По данным Росстата, в России одним из основных факторов, сдерживающих производственную деятельность строительных компаний, является удорожание строительных материалов (рис. 1).

В I квартале 2014 года импорт составлял 10–12 % от объема производства, однако в I квартале 2015 года произошло резкое снижение до 2–3 % [1].

За I квартал 2015 года произведено всего на 1 % меньше цемента, чем за аналогичный период в прошлом году – 6 325 тыс. тонн. Основными производителями являются Центральный (24 %), Приволжский (23 %) и Южный (17 %) федеральные округа. В этих же федеральных округах отмечаются одни из наибольших значе-

ний падений импорта: так, к примеру, в Южном округе импорт уменьшился с 116,5 тыс. тонн до 7,1 тыс. тонн, то есть на 94 %, а в Приволжском округе, по данным Таможни, и вовсе отсутствует импорт материалов данного вида. Таким образом, согласно данным Таможенной службы, совокупный импорт цемента на территорию Российской Федерации уменьшился более чем на 80 % (таблица 2) [2].

При этом основными экспортерами являются Белоруссия (29 %) и Литва (22 %). Стоит отметить, что в основном импорт происходит из стран-соседей федерального округа. К примеру, Центральный округ в основном импортирует из Белоруссии, а Дальневосточный - из Китая.

Черепицы за I квартал 2015 года произведено 1100 тыс. кв. м, что на 10% выше показателя за 2014 год. Основным производителем является Центральный федеральный округ, на который

приходится порядка 50 % от общего объема производства. Порядка 70 % импорта приходится на Северо-Западный федеральный округ, остальные либо не закупаются за границей, либо делают это в незначительных объемах. Основными экспортерами являются Германия (40 %) и Польша (27 %) (таблица 3).

За аналогичный период произведено 591 млн. единиц кирпича, что на 20 % выше показателя за 2014 год. Основным производителем является Приволжский федеральный округ, на который приходится порядка 45 % от общего объема производства. По величине импорта он находится на третьей позиции (первая позиция – минимальное значение импорта), уступая только Северо-Кавказскому и Дальневосточному. Основными экспортерами являются Белоруссия (42 %) и Китай (14 %) (таблица 4) [3, 4].

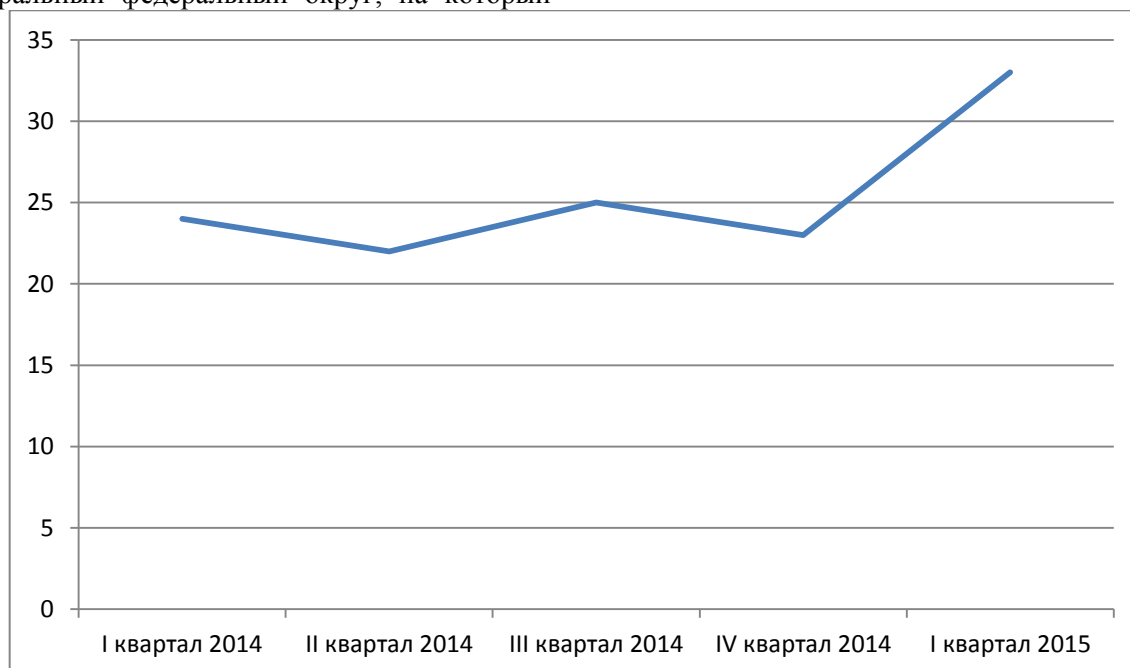


Рис. 1. Процент компаний, указавших удорожание строительных материалов в качестве фактора, сдерживающего производственную деятельность

Таблица 1

Соотношение импорта и производства отдельных строительных материалов

Наименование материала	год			
	I квартал 2014		I квартал 2015	
	Производство	Импорт	Производство	Импорт
Цемент, кг	6 387 600 000	815 851 430	6 325 200 000	147 383 409
Черепица, кг	46 246 000	4 653 178	53 738 000	1 990 296
Кирпич, кг	1 480 530 000	156 839 297	1 773 900 000	25 881 243

Таблица 2

Величина импорта в федеральных округах РФ (цемент)

Федеральный округ	Импорт товара в I кварта- ле 2014 года (кг)	Импорт товара в I квар- тале 2015 года (кг)	Импорт упал на
Центральный	236 672 784	36 109 775	85 %
Северо-Западный	346 285 393	73 505 153	79 %
Южный	116 468 141	7 117 500	94 %
Приволжский	0	0	0 %
Уральский	59 827	46 950	22 %
Сибирский	17 167 370	540 000	97 %
Дальневосточный	32 930 115	14 112 531	57 %
Северо-Кавказский	66 267 800	15 951 500	76 %
Российская Федерация	815 851 430	147 383 409	82 %

Таблица 3

Величина импорта в федеральных округах РФ (черепица)

Федеральный округ	Импорт товара в I квартале 2014 года (кг)	Импорт товара в I квартале 2015 года (кг)	Импорт упал на
Центральный	796 264	528 263	34 %
Северо-Западный	3 754 709	1 456 399	61 %
Южный	34 365	0	100 %
Приволжский	0	0	0 %
Уральский	0	0	0 %
Сибирский	1 052	0	100 %
Дальневосточный	66 788	5 634	92 %
Северо-Кавказский	0	0	0 %
Российская Федерация	4 653 178	1 990 296	57 %

Таблица 4

Величина импорта в федеральных округах РФ (кирпич)

Федеральный округ	Импорт товара в I квартале 2014 года (кг)	Импорт товара в I квартале 2015 года (кг)	Импорт упал на
Центральный	96 101 821	11 168 956	88 %
Северо-Западный	41 781 580	8 401 995	80 %
Южный	2 751 734	1 795 382	35 %
Приволжский	2 550 796	925 221	64 %
Уральский	7 273 057	1 472 579	80 %
Сибирский	3 937 297	1 457 450	63 %
Дальневосточный	2 203 988	658 227	70 %
Северо-Кавказский	239 023	1 433	99 %
Российская Федерация	156 839 297	28 881 243	83 %

На примере трех видов строительных материалов отслеживаются следующие тенденции:

1. Увеличение или сохранение объемов отечественного производства (кроме цемента);
2. Уменьшение импорта данных товаров на 70–80 % относительно аналогичного периода прошлого года;
3. Для приграничных федеральных округов большую часть импорта составляют товары, произведенные в соседних странах (пример: Белоруссия, Китай).

Уменьшение импорта не могло не сказаться на стоимости строительства квадратного метра жилья: по данным Росстата, снижение стоимости произошло практически во всех субъектах. Однако по анализу, проведенному РАСК, данный показатель не в полной мере отражает реальную картину, так как на среднюю стоимость строительства квадратного метра значительно повлияла переориентация компаний на строительство жилья эконом-класса и отказ от ряда проектов бизнес-класса. Это косвенно подтверждается данными Росстата по объемам строительства. Так, в первом квартале 2015 года произошло снижение на 3,5 %. Максимальное снижение наблюдается в Дальневосточном федеральном округе – на 34 % [5,6].

Однако о полном импортозамещении пока говорить слишком рано. В сегменте эконом-класса импортных материалов и компонентов не более 20 % на всех этапах строительства, в бизнес-классе на этапе строительства доля им-

порта не более 30 %, на этапе отделки – достигает 50–60 %.

В сегменте элитного жилья на этапе отделки доля импорта может достигать 90 %. Такой большой объем импортных стройматериалов при возведении дорогого жилья объясняется тем, что именно использование зарубежной продукции позволяет застройщикам позиционировать жилье в более высоком ценовом сегменте. Чаще всего девелоперы используют лифтовое оборудование иностранного производства и импортные инженерные системы.

Отечественные производители за последние годы существенно подтянули качество продукции, но по некоторым западным образцам до сих пор нет достойной альтернативы. В первую очередь, речь идет о материалах, необходимых для проведения фасадных работ и оборудовании для прокладки инженерных сетей.

Полностью заменить качественные материалы, которые поставляются из других стран, пока невозможно. Лишь 15 % отделочных материалов и инженерно-технического оборудования поставляется странами Таможенного союза, остальное – Европа и Китай. При этом, в импортозамещении ряда стройматериалов – стекла, цемента и железобетонных конструкций – российские производители вполне успевают [7].

Более того, на горизонте до 2020 года в России ожидается большой профицит цементных мощностей. Чтобы потребители почувство-

вали нехватку цемента к 2020 году, ежегодный рост потребления должен составлять не менее 10 %. На деле этот показатель сокращается. Так, за четыре месяца этого года спрос уменьшился на 11 %.

Переходу на импортозамещение способствует резкое удорожание стройматериалов. Процесс роста стоимости начался еще осенью 2014 года, но основной скачок цен пришелся на первые месяцы этого года, когда заключались новые контракты и поставщики озвучивали цены, привязанные к курсу валют. Если осенью рост цен на импорт составлял 5–20 %, то в первом квартале 2015 года он составил от 30 до 50 %. Западные производители стройматериалов были вынуждены сократить свой ассортимент. Наряду с этим на российский рынок пришли производители из Азии. Не желая терять долю рынка, многие европейские компании активно начали локализовать производство. Основные плюсы применения локальных материалов заключаются в сокращении сроков поставки и доступности технической поддержки: компании начинают производить материалы, адаптированные под российское строительство.

Российские производители, которые начали строительство заводов в рамках импортозамещения, смогут предложить свой продукт не ранее чем через 3 года.

Если импортозамещение происходит только ради импортозамещения, когда не учитывается качество применяемых товаров, а в приоритете стоит страна происхождения, то может возникнуть ситуация, когда строители используют менее качественные материалы. В этом случае может снизиться стоимость самого строительства, но дальнейшая эксплуатация сооружения становится гораздо дороже в связи с частой необходимостью в проведении ремонта [8].

Переходу на импортозамещение способствует резкое удорожание стройматериалов. Процесс роста стоимости начался еще осенью 2014 года, но основной скачок цен пришелся на первые месяцы 2015 года, когда заключались новые контракты и поставщики озвучивали цены, привязанные к курсу валют. Если осенью рост цен на импорт составлял 5–20 %, то в первом квартале 2015 года он составил от 30 до 50 %.

Выводы. Курс на импортозамещение должен поспособствовать регионам РФ:

- сформировать конкурентоспособный, сбалансированный промышленный комплекс, устойчивый к колебаниям мировой экономической конъюнктуры;

- обеспечить благоприятные организационные и материально-технические условия, необ-

ходимые для формирования региональной инновационной системы, стимулирующей как инновационную активность организаций, так и повышение спроса на результаты инновационной деятельности;

- обеспечить условия для реализации мероприятий государственной промышленной политики в соответствии с установленными сроками и задачами;

- обеспечить рост ВВП через увеличение объемов производства и сбыта конкурентоспособной импортозамещающей продукции промышленного комплекса регионов РФ;

- обеспечить условия для подготовки в регионах РФ квалифицированных работников инженерно-технических и рабочих специальностей в количестве и с качеством, полностью удовлетворяющими текущим и перспективным потребностям экономики страны, с учетом программ развития промышленного сектора экономики, обеспечения импортозамещения и возвращения отечественным предприятиям технологического лидерства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Выломов Ф. Импортозамещение строительных материалов в России // Отраслевой журнал строительство. 2015. №4. С. 40–43.
2. Тхориков Б.А. 2012. Методология индикативного управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 154–157.
3. 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.
4. Авилова Ж.Н., Качурова Е.В. Формирование инновационной среды: от фундаментальной науки к комплексным разработкам // Белгород, 2013.
5. 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.
6. Ломовцева О.А., Герасименко О.А. Приоритеты и механизмы ГЧП в формировании инновационного промышленного комплекса региона // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2015. №13(210). Вып.35/1. С. 5–9.
7. Глаголев С.Н. Импортозамещение как фактор развития агропромышленного комплекса России // Вестник Белгородского государственного

го технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С. 195–200.

8. Бородкина В.В., Рыжкова О.В., Улас Ю.В., Ушалова А.А. Исследование Программ

развития импортозамещения в регионах Российской Федерации // Креативная экономика. 2015. №9(11). С. 1397–1414.

Gerasimenko O.A., Avilova Z.N.

REGIONAL ANALYSIS OF THE PROBLEM OF BUILDING MATERIALS IMPORT SUBSTITUTION

In the present article the topical issues of the development of domestic production for import substitution in the construction industry in the region. Import substitution - the economic policy of the state in which the demand of the domestic market is provided by the manufacturer, leading activities in the country, at the same time it is the most important component of the security of the state in the economy. In the investigation to resolve a number of problems, namely the review of the impact promoted sanctions policy in the field of building materials and regional analysis to identify problematic products for import substitution. The object of the study was the sphere of regional development; subject of investigation - the trends and factors of import substitution policies in the aforementioned sectors. The result of the research - ways to solve the issue of import of construction materials in the region, their perspective and the implementation conditions.

Key words: import substitution, state, industrial policy, economic policy, export support, reindustrialization.

Герасименко Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации.

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

DOI: 10.12737/22257

¹Карамышев А.Н., канд. экон. наук, доц.,²Абросимова Е.В., преподаватель,¹Казаева М.С., студент,¹Федоров Д.Ф., преподаватель¹Набережночелнинский институт Казанского федерального университета²Набережночелнинский колледж Казанского федерального университета

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВНЫЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ РОССИЙСКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

antonkar2005@yandex.ru

В настоящее время технологическое оборудование российских предприятий в значительной степени изношено и модернизируется с целью повышения конкурентоспособности. Новые технологии производства существенным образом отличаются от ранее применяемых, что вызывает необходимость модификации системы управления предприятием, корректировки алгоритмов выполнения основных и вспомогательных бизнес-процессов, переобучения и дополнительной мотивации персонала. В статье рассмотрены тенденции в оснащенности технологическим оборудованием отечественных предприятий; проведено сравнение с развитыми странами по размеру добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности на душу населения; выделены базовые факторы, определяющие особенности современного производственного оборудования, и изменения на машиностроительных предприятиях, вызываемые появлением новых технологий производства. На основе полученных выводов исследователи и руководители, принимающие управленческие решения, могут выделить ключевые факторы успеха в новых условиях, а также развивать теоретические основы процессного управления с учетом особенностей эксплуатации и обслуживания современных технологий производства.

Ключевые слова: оборудование, бизнес-процесс, машиностроение, управленческое решение, процессный менеджмент.

Введение. В настоящее время в России, по разным оценкам, эксплуатируются от 0,9 до 1,5 млн. единиц металлообрабатывающего оборудования, из которых 70–80 % морально и физически устарели [1, 2, 3]. Ежегодно количество эксплуатируемых металлорежущих станков сокращается на 50 тыс. единиц [2].

Производительность труда в российском машиностроении в несколько раз ниже, чем в развитых странах [4]. Это связано с тем, что доля станков с ЧПУ в общем парке металлорежущего оборудования в России не превышает 5 %, тогда как в развитых странах этот показатель составляет не менее 50 %. Коэффициент обновления станочного парка в России не превышает 1 % [3]. По данным [5] в 2010 году Россия занимала 55 место в мире по размеру добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности на душу населения. Япония по этому показателю превосходила нас в 16 раз, США – в 11 раз, Германия – в 9,4 раза, Испания – 3,8 раза.

Объем производства металлорежущих станков в России составляет, по разным оценкам, 3,5–5,5 тыс. единиц (это 5–7 % от уровня 1990 года) [2, 6]. В этих условиях иностранные производители оборудования заняли 84% российского рынка металлорежущих станков [6].

Основная часть. Приведенные выше данные можно интерпретировать по-разному, однако, очевидны основные тенденции. Во-первых, по уровню производительности труда российские компании сильно уступают зарубежным конкурентам. Во-вторых, низкая производительность труда во многом обусловлена большой долей устаревшего оборудования. В-третьих, модернизация производственных мощностей российских предприятий осуществляется преимущественно закупками иностранного оборудования. В-четвертых, наблюдается тенденция к уменьшению парка эксплуатируемого металлорежущего оборудования в России. В-пятых, доля высокопроизводительного оборудования невелика в сравнении с ведущими зарубежными странами. Таким образом, важнейшими задачами для российской металлообрабатывающей промышленности являются задачи модернизации технологической базы и освоение современных технологий производства.

Выделим основные специфические особенности современного металлообрабатывающего производства:

1. Применение информационных технологий, повлекшее изменение процессов проектирования и производства продукции.

Развитие научно-технического прогресса в области станкостроения, производства промышленной продукции и информационных технологий привело к появлению высокотехнологичных multifunctional производственных центров с ЧПУ, работающих на базе программ трехмерного моделирования. Раньше проектирование и производство продукции осуществлялось по схеме «разработка чертежа конструктором – разработка тех.маршрута изготовления изделия технологом – производство изделия на простых станках рабочими». В соответствии с современной технологией проектирование модели изделия и задание режимов его резания различными инструментами осуществляется в специальных программных продуктах (CAD/CAM/CAE-системы), а рабочему остается только наладить станок и запустить процесс из-

готовления продукции на multifunctional производственном центре.

2. Увеличенные функциональные возможности оборудования.

Современный multifunctional производственный центр с ЧПУ с автоматической сменой инструмента способен заменить несколько десятков простых станков при производстве изделия со сложной геометрией поверхности, поскольку на таком оборудовании закладываются возможности выполнения нескольких разнородных технологических операций. В качестве примера рассмотрим параметры изготовления изделия «Корпус масляного фильтра» со сложной геометрией поверхности (рис.1). Точность обработки изделия (допуски на линейные размеры изделия) составляет 5 микрон.



Рис. 1. Пресс-форма (полуформа) для литья под давлением «Корпус масляного фильтра», изготовленная на обрабатывающем центре OKUMO MILLAC761V

Общее время производства этого изделия составило 64 часа, в т. ч.: 20 ч. – на разработку трехмерной модели изделия (моделирование было осуществлено на основе чертежа изделия); 4 ч. – на моделирование движений инструментов в процессе резания, 40 ч. – на наладку обрабатывающего центра, установку заготовки и изготовление изделия.

По экспертным оценкам инженеров Литейного завода ОАО «КАМАЗ», при использовании технологий предыдущего поколения на проектирование, разработку тех.маршрута и произ-

водство такого изделия на универсальных станках без ЧПУ затрачивалось не менее года (при этом трудоемкость операций резания была не менее 1700 часов). Один современный обрабатывающий центр позволил высвободить при изготовлении указанного изделия не менее десяти универсальных станков без ЧПУ, а также в разы снизить уровень брака.

3. Повышенные требования к рабочему месту.

Система ЧПУ современного производственного центра пятого поколения размещается

на персональном компьютере, сопряженным с этим оборудованием. При этом возникает необходимость защитить компьютер от пыли и создать инженеру-программисту (или рабочему) приемлемые условия для выполнения работы, хранения инструмента и оснастки. На предприятиях эта задача решается строительством служебного помещения, расположенного рядом со станком.

4. Повышенные требования к квалификации сотрудников.

Процесс проектирования и производства продукции в соответствии с современными технологиями требует очень высокой квалификации всего задействованного персонала. Например, типовыми требованиями для рабочего, обслуживающего современный металлорежущий центр, являются следующие: а) знание технологий обработки металлов резанием и опыт работы; б) компьютерная грамотность; в) знание специальных программ трехмерного моделирования (например, NX8), а также тригонометрии и чертежного дела; г) базовые знания английского языка. Опыт показывает, что даже дипломированные инженеры далеко не всегда соответствуют этим требованиям. Поэтому для предприятий актуальной задачей является поиск и привлечение к работе на современном оборудовании квалифицированных кадров.

Выводы. Внедрение современных технологий проектирования и производства продукции оказывает существенное влияние на управляющую подсистему предприятия. На основе анализа приведенных выше специфических особенностей современного металлообрабатывающего производства можно сделать выводы, что замена устаревших технологий и оборудования современными позволяет:

1. Существенно сократить время на подготовку производства новой продукции.

2. Высвободить производственные площади, поскольку один современный обрабатывающий центр способен заменить собой порядка десяти устаревших станков.

3. Высвободить значительное количество низкоквалифицированных рабочих и инженеров. Здесь у предприятия появляется возможность экономить на социальной инфраструктуре предприятия и снижать некоторые статьи накладных расходов.

4. Значительно снизить уровень брака при производстве продукции, поскольку появляется возможность проанализировать процессы резания еще на стадии подготовки производства в специализированных программных продуктах и внести, в случае необходимости, корректировки.

5. Упростить управление производственным процессом.

Вместе с тем, ключевым фактором успеха предприятия становится кадровая политика в отношении рабочих и инженерно-технических работников. В условиях дефицита квалифицированных кадров возникает необходимость поиска, отбора, обучения, удержания на предприятии и мотивирования данных категорий сотрудников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверьянов О.И. История развития станкостроения. [Электронный ресурс]. URL: <http://stanki-uchpu.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

2. Механик А. Станок для нового уклада // Эксперт. 2013. №7. [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

3. Чикунев Г., Политов В. Модернизация станочного парка в рамках мировой кооперации // Умное производство. 2011. №1(13). С. 11–13.

4. Кувалин Д.Б. Развитие машиностроения в государствах-участниках ЕАБР. – Алматы, 2012. С.60. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eabr.org> (дата обращения 12.10.2016).

5. Гурова Т., Ивантер А. Мы ничего не производим // Эксперт. 2012. №47. [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

6. Голубкова В. Маркетинговое исследование агентства «BusinesStat»: «Анализ рынка металлообрабатывающих станков в России в 2008-2012 г.г., прогноз на 2013-2017 г.г.». [Электронный ресурс]. URL: <http://businesstat.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

7. Коростелев Д.А., Яминский Д.И., Яминский И.В. Российской индустрии – российские станки и обрабатывающие центры // Инноватика и перспектива. 2015. №1. С. 309-316.

8. Борисов В.Н., Почукаева О.В., Орлова Т.Г. Перспективы развития станкоинструментальной промышленности России // Проблемы прогнозирования. 2009. №6. С. 34-45.

9. Иванов В.П. Станки, станки, станки... [Электронный ресурс]. URL: <http://rusrand.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

10. Федор Резванов. От импортных станков нам не уйти. [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

11. Рынок станков в России - 2016. Показатели и прогнозы. Готовый отчет: обзор, маркетинговое исследование и анализ рынка станков. [Электронный ресурс]. URL: <http://tebiz.ru/> (дата обращения 12.10.2016).

12. Филатов Д.А. Разработка механизма государственной поддержки стратегического

развития станкостроения в Российской Федерации: Автореф. диссерт. канд. экон. наук, Москва, 2014. С.26.

13. Карсунцева О.В. Формирование и реализация стратегии повышения уровня использования производственного потенциала предприятий машиностроения: // Автореф. диссерт. докт. экон. наук, Самара, 2014. С.26.

14. Bennett Harrison, Maryellen R. Kelley, Jon Gant. Specialization Versus. Diversity in Local Economies: The Implications for Innovative Private-Sector Behavior. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.huduser.gov/> (дата обращения 12.10.2016).

Karamyshev A.N., Abrosimova E.V., Kazaeva M.S., Fedorov D.F.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF MODERN EQUIPMENT ON BASIC BUSINESS PROCESSES IN RUSSIAN MACHINE BUILDING ENTERPRISES

At the present day manufacturing facilities and equipment in Russian enterprises are heavily worn out and being modernized in order to improve their competitiveness. The new production technology differs to a considerable extent from the previously used ones, which calls for modification of the management system of an enterprise, adjustments in algorithms for main and auxiliary business processes, employee retraining and additional motivation. The article examines trends of technological equipment resources in Russian enterprises; the size of added value per capita in processing industries was compared to that in the developed countries; the basic factors were identified that define the features of modern production equipment and the respective changes in machine building enterprises due to appearance of the new production technology. On the basis of the findings obtained researchers and managers who are responsible for taking managerial decisions can identify the key factors of success in new conditions, as well as develop theoretical framework of the process-based management taking into account the features for operation and maintenance of the modern production technology.

Key words: *equipment, business process, machine building, managerial decision, process-based management.*

Карамышев Антон Николаевич, кандидат экономических наук, доцент
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, д. 68/19
E-mail: antonkar2005@yandex.ru

Абросимова Екатерина Валерьевна, преподаватель
Набережночелнинский колледж Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, д. 68/19
E-mail: k.abrosimova.93@inbox.ru

Казеева Мария Сергеевна, студент
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, д. 68/19
E-mail: masynya14@mail.ru

Федоров Дмитрий Федорович, преподаватель
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, д. 68/19
E-mail: fedoroff.dmitrij@yandex.ru

Косухин М.М., канд. техн. наук, проф.,
Скороходов К.Р., магистрант,
Косухин А.М., аспирант,
Богачева М.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ*

mkosuhin@mail.ru

Приведены данные анализа практики обеспечения устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области по результатам социологического обследования. Показано, что уровень социально-экономического состояния региона динамично развивается. При этом первостепенная роль отводится развитию жилищно-коммунального хозяйства, совершенствованию жилищного и строительного комплексов. Отмечено, что положительные тенденции в Белгородской области наблюдаются благодаря увеличению индивидуального жилищного строительства и его благоустройству. Растет обеспеченность области дорогами с твердым покрытием, отмечен рост мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов. Установлено, что жилищно-коммунальный комплекс за исследуемый период работал устойчиво, с положительной динамикой, что в значительной мере отразилось на устойчивом развитии области в целом.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, устойчивое развитие, муниципальные образования, уровень социально-экономического развития, индивидуальное жилищное строительство, ввод жилья, инженерное благоустройство, социальная инфраструктура, жилищный фонд, жилищно-коммунальные услуги, капитальный ремонт.

Введение. Белгородчина – высокоразвитый индустриально-аграрный регион, экономика которого опирается на колоссальные богатства недр и уникальные черноземы. В области сосредоточено более 40 процентов разведанных запасов железных руд страны. Выявлены и в разной степени разведаны крупные месторождения бокситов, апатитов, минеральных подземных вод (радоновых и лечебно-столовых), многочисленные месторождения строительных материалов (мела, песка, глины и т.д.). Известны проявления золота, графита и редких металлов. Имеются географические предпосылки для выявления платины, углеводородного сырья и других полезных ископаемых.

Белгородская область среди российских регионов лидирует по многим социально-экономическим показателям, характеризующим ее развитие.

Площадь области в административных границах составляет 27,1 тыс. км², протяженность с

Севера на Юг – около 190 км, с Запада на Восток – около 270 км. По сравнению с соседними областями ЦЧР Белгородская область больше территории Липецкой области (24,0 тыс. км²), но уступает Курской (30,0 тыс. км²), Тамбовской (34,5 тыс. км²) и Воронежской (52,2 тыс. км²) областям. Удельный вес региона в территории России составляет 0,2 %, в ЦФО – 4,2 %.

Среди республик, краев и областей России Белгородская область занимает по территории 67 место, по численности населения – 29 место, в Центральном федеральном округе – соответственно 13 и 4 места.

Численность населения области на 1 января 2013 года составила 1541 тыс. чел., в том числе городского – 1026,5 тыс. (66,6%), сельского – 514,5 тыс. чел. (33,4 %).

На 1 января 2013 года в Белгородской области зарегистрировано 310 муниципальных образований (табл. 1).

Таблица 1

Число муниципальных образований по типам на 1 января 2013 года

Число муниципальных образований по типам	Единиц
Городские округа	3
Муниципальные районы	19
Городские поселения	25
Сельские поселения	263

Основным социально-экономическим приоритетом развития Белгородской области является

создание для населения региона достойного уровня жизни и его последующего улучшения

посредством развития реального сектора экономики в долгосрочной перспективе.

Методология. Исследования проводились с использованием социологического опроса.

Основная часть. Обеспечение устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области осуществляется в соответствии со Стратегией социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года [1], Программой улучшения качества жизни населения области [2], Стратегией формирования регионального солидарного общества [3], отраслевыми стратегиями и целевыми программами.

Стратегия социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года является одним из элементов системы государственного планирования Белгородской области, представляющей собой комплекс управленческих документов и правовых актов, принятых органами государственной власти и направленных на эффективное управление, обеспечение роста валового регионального продукта, капитализацию активов территории и повышение благосостояния граждан.

На ее основе разработаны стратегии социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов, которые включают в себя анализ реального состояния экономической сферы муниципальных территорий области и их конкурентных преимуществ, определяют стратегические цели и задачи, содержат перечень соответствующих программ и проектов, обосновывают соответствующие управленческие решения, способные обеспечить выбор наиболее эффективных путей достижения заявленных целевых ориентиров.

Для анализа практики обеспечения устойчивого развития муниципальных образований было проведено два выборочного обследования:

– в июле 2013 г. было опрошено 150 домохозяйств в 19 муниципальных районах и округов Белгородской области;

– в августе 2013 г. было опрошено 50 работников муниципальных образований в 19 муниципальных районах и округов Белгородской области.

В процессе исследования, отвечая на вопрос «Какие формы связи с населением имеются в Вашем муниципальном образовании» большинство опрошенных (практически 100%) ответили,

что имеется интернет-форум, горячие линии, проводятся личные встречи депутатов с населением, работают общественные приемные. Вместе с тем отсутствуют такие формы как публикации ответов на обращения жителей в прессе и ответы на вопросы граждан в прямом эфире по радио и телевидению. Не распространенность данных форм общения органов власти с гражданами, связана с недостаточным финансовым обеспечением муниципальных образований и высокой стоимостью эфирного времени на телевидении и радио, публикаций в печати.

Оценивая уровень социально-экономического развития муниципальных образований, большая часть респондентов считает, что уровень развития остается на прежнем уровне – 43,1 %, 28,6 % респондентов считают, что рост значительный, 13,6 % – улучшения не наблюдают и 14,7 % затруднились ответить. Большая часть жителей муниципальных районов и округов отметили значительное улучшение в благоустройстве муниципальных образований (57,4 %) и во внешнем облике сельской территории (53,8 %). Почти треть респондентов считают, что на территории муниципальных образований и округов улучшилась экономика (29,4 %), дороги (34,2 %), эффективность управления территориями (29,2 %). Негативными моментами жизни в муниципальных образованиях считают ухудшение экологической ситуации (26,9 %) и низкие материальные возможности жителей (25,2 %).

Вместе с тем, работники аппарата управления муниципальных образований Белгородской области на данный вопрос ответили гораздо позитивнее: 59,5 % считает, что их муниципальное образование развивается активно, реализуются интересные проекты, 35,7 % отметили, что в муниципальном образовании что-то делается, но заметного прогресса нет и только 4,7 % работников муниципальных образований считают, что развития нет.

Обеспечение устойчивого развития муниципальных образований невозможно без достаточных финансовых ресурсов.

Данные об обеспеченности муниципального района необходимыми ресурсами для устойчивого развития, по мнению работников аппарата управления муниципальными образованиями, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Обеспеченность ресурсами

Обеспеченность	высокая	средняя	низкая	крайне низкая	Затрудняюсь ответить
Общим объемом доходов бюджета	2,7	50,5	20,8	14,7	14,0
Собственными доходами	-	43,2	24,3	18,9	13,5
Имуществом	-	40,5	29,8	16,2	13,5
Кадрами	8,1	40,5	18,9	20,0	12,5

Анализ опроса свидетельствует, что муниципальные образования имеют низкую обеспеченность собственными доходами (43,2 %), так считают более половины опрошенных, недостаточно обеспечены имуществом (46 % – низкая и крайне низкая оценка) и кадрами (38,9 %).

Оценивая факторы, которые препятствуют эффективному развитию муниципальных образований, ответы выстроились следующим образом:

- дефицит собственных доходных источников;
- недостаток квалифицированных кадров;
- пассивность местного населения;
- отсутствие методики оценки эффективности функционирования органов управления муниципального образования;
- слабость мотивации у муниципальных служащих;
- бюрократические: несовершенство законодательства, проволочки и препоны.
- отсутствие эффективных форм частного муниципального партнерства;
- отсутствие эффективного сотрудничества с органами государственной власти;
- ограниченность полномочий;
- недостаток объектов имущества.

В обеспечении устойчивого развития муниципальных образований важнейшая роль отводится совершенствованию жилищно-коммунального и строительного комплексов.

Положительные тенденции в Белгородской области наблюдаются благодаря увеличению строительства жилья на селе. В 1990 г. в сельской местности Белгородской области возводилось 72 тыс. м², в 2010 г. уже 1100,4 тыс. м² и в 2011 г. 1148,2 тыс. м² [4]. Росту данных показате-

телей способствовало создание ГУП «Белгородский областной фонд поддержки индивидуального жилищного строительства», благодаря которому за период с 1994 по 2013 гг. построено более 40 тыс. жилых домов или более 1473 тыс. м² жилья. Заметный вклад внес строительный кооператив, функционирующий по накопительной системе, объединяющий всех застройщиков, работающих в бюджетной сфере.

На протяжении ряда лет Белгородская область входит в лидирующую десятку регионов Российской Федерации по объему введенного жилья в расчете на 1 жителя. С 2007 года в регионе ежегодно вводилось в эксплуатацию более 1 млн. м² жилья.

В соответствии с областной программой «Стимулирование развития жилищного строительства на территории Белгородской области в 2011–2015 годах» [5] в 2012 году планировалось ввести 1199,0 тыс. м² жилья, в том числе 249,0 тыс. м² многоэтажного и 950,0 тыс. м² индивидуального.

Фактический ввод жилья в 2012 году составил 1 215,1 тыс. м² жилья, в том числе индивидуального – 1 030,0 тыс. м². Из 83 субъектов Российской Федерации по общему объему ввода жилья Белгородскую область опережают только 16.

На фоне общего увеличения численности населения Белгородской области (за период с 2002 г. по 2013 гг. с 1532,5 тыс. чел. до 1541,0 тыс. чел.) произошло увеличение относительного показателя – площадь жилищ, приходящихся в среднем на 1 жителя Белгородской области. За рассматриваемый период этот показатель увеличился на 10,2 % и составил в 2012 году 27 м².

Таблица 3

Основные показатели жилищных условий населения Белгородской области

Наименование показателя	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.	2012 г. к 2008 г., %
Жилищный фонд - всего	37357	38224	39441	40422,1	41551	111,2
в том числе:						
частный	34209	35435	36929	38189,1	39477	115,4
государственный	342	342	374	358,3	361,6	105,7
муниципальный	2806	2446	2106	1874,1	1711,7	61,0
другой	0,5	0,6	0,8	0,6	0,6	120,0
Общая площадь жилых помещений, приходящихся в среднем на одного жителя – всего, м ²	24,5	25	25,7	26,3	27,0	110,2
из нее:						
в городской местности	23,0	23,4	24,3	24,7	25,1	109,1
в сельской местности	27,5	28,1	28,5	29,4	30,7	111,6

Наилучшие результаты достигнуты в 10 районах - таких как: Белгородский (37,23 м²), Красногвардейский (34,23 м²), Ракитянский (30,85 м²), Корочанский (31,03 м²), Яковлевский (31,03 м²), Вейделевский (31,09 м²), Чернянский

(30,82 м²), Красненский (31,03 м²), Прохоровский (30,54 м²) и Ровеньский (27,91 м²). При положительной динамике на протяжении последних четырех лет наименьшее значение показате-

ля отмечается в Губкинском городском округе – 22,2 6 м².

Жилищно-коммунальное хозяйство – одна из важнейших составляющих уровня развития муниципальных образований и округов и от ее слаженной работы зависит благоустройство и комфортность проживания человека, удовлетворение его насущных потребностей и, в конечном счете, работоспособность и здоровье всех граждан.

В рамках программы по инженерному обустройству индивидуального жилья в 2012 году построено – 936,2 км инженерных сетей и сооружений общей стоимостью 2021,0 млн. руб., что позволило обеспечить сетями водоснабжения – 8 385, газоснабжения – 4 990, электро-

снабжения – 3 067, водоотведения – 2 793 участков индивидуального жилищного строительства.

Исследование же по Белгородской области показало, что по большинству показателей благоустройства жилищного фонда сельской местности произошли положительные изменения, но вместе с тем по сравнению с городским жилищным фондом остается на крайне низком уровне.

На протяжении всего исследуемого периода обеспеченность населения различными видами коммуникаций неуклонно растет, так обеспеченность водопроводом выросла на 5,4 % и составила 75,1 %, водоотведением на 4,9 % и составила 72,1 % и ваннами на 5,1 % и составила 67,7 %. Наиболее критическая ситуация с уровнем благоустройства жилищного фонда сложилась в Прохоровском, Валуйском и Чернянском районах.

Таблица 4

Показатели благоустройства жилищного фонда [6], %

Показатели	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Откл. (+,-)
Удельный вес площади, оборудованной:						
водопроводом	69,7	71,2	71,9	74,3	75,1	+5,4
водоотведением (канализацией)	67,2	68,3	69,5	71,4	72,1	+4,9
отоплением	92,3	93,4	94,5	95,4	97,3	+5,0
ваннами (душем)	62,6	64,0	65,2	67,0	67,7	+5,1
газом (сетевым, сжиженным)	83,7	84,9	84,9	85,4	85,6	+1,9
горячим водоснабжением	61,2	62,2	62,8	65,2	66,1	+4,9
напольными электроплитами	11,5	12,0	11,8	11,6	11,5	0

Имеются существенные различия в обеспеченности благоустройством между сельским жилищным фондом и городским. Удельный вес площади жилищного сельского фонда в этих районах, оборудованного водопроводом в 2012 г. составил от 22 % до 33 %, канализацией от 22,1 % до 23,6 %. Слабая обеспеченность горячим водоснабжением наблюдается в Чернянском районе – 5,8 %, Борисовском районе – 12,2 % и Корочанском районе – 13,0 %.

В настоящее время в целом деятельность коммунального комплекса Белгородской области характеризуется недостаточным уровнем качества предоставления коммунальных услуг, наблюдается не эффективное использование природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и высокий уровень тарифов на услуги ЖКХ.

Особая острота проблем жилищного и коммунального хозяйства обусловлена и тем, что услуги, оказываемые данными отраслями социальной инфраструктуры – коммунального хозяйства, имеют для населения обязательный характер и занимают в структуре платных услуг населению в 2012 г. – 25,0 % [7].

К основным показателям развития социальной инфраструктуры села относят обеспеченность дорог с твердым покрытием, уро-

вень телефонизации и телефонную плотность фиксированной связи.

Уровень телефонизации в сельской местности на протяжении исследуемого периода увеличивается и на конец 2012 г. только 4,6 % сельских населенных пунктов остаются без стационарных станций. Растет удельный вес сельских поселений, имеющих связь по дорогам с твердым покрытием с 82,8 % в 2007 г. до 88,6 % в 2013 г. [8]

В целом жилищно-коммунальный комплекс области в 2012 году работал устойчиво, с положительной динамикой. Вместе с тем, по мнению жителей муниципальных образований Белгородской области, они испытывают недостаток в других инфраструктурных объектах, обеспечивающих качество жизни жителей. Так, жители отмечают отсутствие юридических и нотариальных учреждений (34,2 %), страховых учреждений (27,3 %), банковских услуг (19,8 %), служб бытового обслуживания (19,1 %), транспортного обслуживания (10,9 %).

В соответствии с Федеральным Законом от 21 июля 2007 года № 185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» в области реализуются программы капитального ремонта многоквартирных жилых

домов и переселения граждан из аварийного жилищного фонда.

Объем средств, направленных на программы переселения граждан из аварийного жилищного фонда в 2012 году, составил 257,5 млн. руб.

В результате реализации программ 2012 года переселено 653 человек из 40 аварийных домов, общей площадью 10,4 тыс. м². Успешно завершили реализацию программы: Валуйский, Волоконовский, Ивнянский, Краснояружский, Грайворонский районы, Старооскольский городской округ. В том числе в 2012 году общий объем средств по программе капитального ремонта составил 441,837 млн. рублей. В результате реализации программы 2012 года отремонтировано 193 дома общей площадью 329,407 тыс. м², условия проживания улучшили 14 тыс. чел. Успешно завершили реализацию программы Яковлевский, Чернянский, Ровень-

ской, Прохоровский, Ивнянский районы и городской округ «Город Белгород».

Одним из главных резервов устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области является рациональное использование природных ресурсов, сохранение окружающей среды.

На состояние окружающей среды области влияют: природные (природно-климатические условия, рельеф, геологическое строение, характер подстилающей поверхности и др.), но в большей мере – антропогенные и техногенные факторы. В частности область характеризуется наиболее полной освоенностью территории, высокой концентрацией промышленности, транспорта, населения, значительными объемами выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, образования отходов.

Таблица 5

Основные показатели, характеризующие воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду [9]

Показатели	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Отклонение
Забор воды из природных водных объектов для использования, млн.м ³	323,4	313,3	319,2	320,7	343,0	+19,6
Сброс загрязненных сточных вод, млн.м ³	11,1	49,0	76,9	72,3	70,9	+59,8
Выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух, тыс. т:						
от стационарных источников	116	126	132	134,5	134,0	+18,0
от автотранспорта	142	171	175	184,3	129,5	-12,5
Образовалось отходов производства и потребления, млн.т	129,4	122,4	132,3	142,6	133,6	+4,2
в том числе опасных	6,6	7,5	7,9	10,1	10,8	+4,2
Использование и обезвреживание отходов производства и потребления, млн.т	27,2	25,4	27,9	25,5	33,4	+6,2

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно-важных экологических факторов окружающей природной среды. По состоянию на 1 января 2013 года в области насчитывалось 21112 источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (10883 – организованных и 10229 – неорганизованных).

Объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников области составили 134,0 тыс. тонн (в 2008 году – 116 тыс. тонн). Среди городов области 49 % всех выбросов от стационарных источников приходится на Старый Оскол, 20 % - Губкин, 5,8 % - на Белгород.

Объемы выбросов автотранспорта в 2012 году уменьшились по сравнению с 2008 годом на 12,5 тыс. т и составили 129,5 тыс. т (49,1 % от общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух).

В 2012 году в области образовалось 133,6 млн. т отходов производства и потребления, в том числе в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве – 8,5 млн. т, в обрабатываю-

щих производствах – 3,6 млн. т, добыче полезных ископаемых – 121,3 млн. т.

По сравнению с 2008 годом объемы образовавшихся отходов производства и потребления увеличились на 4,2 млн. тонн, но по сравнению с предыдущим годом снизились на 9 млн. т.

В поверхностные водные объекты в 2012 году сброшено 143,4 млн. м³ (в 2011 году – 124,1 млн. м³) сточных вод, в том числе загрязненных – 70,9 млн. м³ (в 2011 году – 72,3 млн. м³).

Всего в 2012 году в области на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов было направлено 3450,6 млн. руб. инвестиций, что составило 2,5% в общем объеме инвестиций по области против 1,3% в 2011 году.

За исследуемый период наблюдается рост инвестиций в основной капитал, направленный на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов почти в 2 раза. Наибольший рост обеспечен за счет увели-

чения инвестиций на охрану атмосферного воздуха в 5,7 раз и на охрану и рациональное использование водных ресурсов на 92,7 %. В

2012 году выделено 4,1 млн. руб. на утилизацию, обезвреживание и захоронение токсичных, промышленных, бытовых и иных отходов.

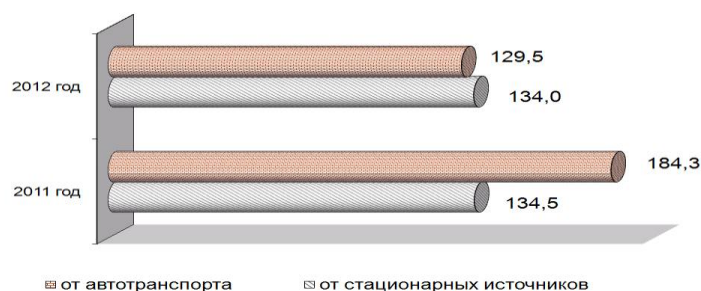


Рис. 1. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, тыс. т [10]

Таблица 6

Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, млн. руб.

Показатели	2011г.	2012г.	2012г. в % к 2011г.
Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов – всего	1613,0	3450,6	199,2
в том числе:			
на охрану и рациональное использование водных ресурсов	958,7	1984,4	192,7
на охрану атмосферного воздуха	157,3	965,8	в 5,7 р.
на охрану и рациональное использование земель	141,4	129,8	85,5
на охрану недр и рациональное использование минеральных ресурсов	355,6	366,7	96,0
на утилизацию, обезвреживание и захоронение токсичных, промышленных, бытовых и иных отходов	-	4,1	-

Выводы. Таким образом, проведенный анализ практики обеспечения устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Деятельность по обеспечению устойчивого развития муниципальных образований осуществляется муниципальными служащими по трем основным направлениям: развитие экономики, развитие социальной сферы, развитие благоприятной окружающей среды посредством разработки и реализации программ местного уровня.

2. К числу основных препятствий на пути обеспечения устойчивого развития относится не только недостаточное финансирование государством муниципальных образований, но и отсутствие достаточных собственных доходов, ограниченность кадровых ресурсов.

3. Важнейшим условием устойчивого развития муниципальных образований является кардинальная смена приоритетов управления с наращивания производства на сбалансированность качества жизни людей. Муниципальное образование, опережающее по качеству жизни

другие, становится центром привлечения человеческих ресурсов и инвестиционных проектов.

4. Выработка эффективных управленческих решений в вопросе обеспечения устойчивого развития муниципальных образований должна основываться на адекватной методологии устойчивого развития, инструментарии оценки социально-эколого-экономического положения, тенденций, угроз в адрес устойчивости развития муниципальных образований.

**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. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года: постановление Правительства Белгородской области от 25 января 2010 года №27-пп. URL: [http:// www.zakon-](http://www.zakon-)

region.ru/belgorodskaya-oblast/17220 (дата обращения 19.05.2013).

2. Об утверждении Программы улучшения качества жизни населения Белгородской области: закон Белгородской области от 2 апреля 2003 года №74. URL: <http://www.zakon-region.ru/belgorodskaya-oblast/17220> (дата обращения 19.05.2013).

3. Об утверждении Стратегии «Формирование регионального солидарного общества» на 2011-2025 годы: постановление Правительства Белгородской области от 24 ноября 2011 года №435-пп. URL: <http://www.zakon-region.ru/belgorodskaya-oblast/17220> (дата обращения 19.05.2013).

4. Социальное положение и уровень жизни населения Белгородской области. Статистический сборник. Белгород, 2013. С.169.

5. Об утверждении долгосрочной целевой программы «Стимулирование развития жилищ-

ного строительства на территории Белгородской области в 2011-2015 годах»: постановление Правительства Белгородской области от 14 марта 2011 года № 97-пп URL: <http://www.zakon-region.ru/belgorodskaya-oblast/17220> (дата обращения 19.05.2013).

6. URL:

http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belgru/statistics/sphere/

7. Паспорт Белгородской области за 2012 г. Белгород, 2013. С.41

8. Паспорт Белгородской области за 2012 г. Белгород, 2013. С.45

9. URL:

http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belgru/statistics/environment/

10. Паспорт Белгородской области за 2012 г. Белгород, 2013. С.22.

Kosukhin M.M., Skorokhodov K.R., Kosukhin A.M., Bogacheva M.A.

THE ROLE OF HOUSING AND UTILITIES COMPLEX STATE IN PROVIDING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MUNICIPAL STRUCTURES OF BELGOROD REGION

There are presented the findings of analyzing the practice of providing the sustainable development of municipal structures of Belgorod region according to a sociologic survey. As it has been shown, the social and economical level of the region is on the rise. The highest premium is set on the development of housing and utilities infrastructure, improving the housing and construction sector. It was noted that the positive trends in the Belgorod region are observed due to the increase in private housing construction and its improvement. The region becomes more provided with hard-surface roads, more measures of environmental protection and rational use of natural resources are taken, the housing and utilities complex in the period under study was functioning sustainably and with the positive dynamics, which contributed considerably to the sustainable development of the region in general.

Key words: housing and utilities infrastructure, sustainable development, municipal structures, social and economic development level, private housing construction, new housing supply, engineering improvements, social infrastructure, housing properties, housing and utilities services, capital repairs.

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

Скороходов Кирилл Рудольфович, магистрант 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

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

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

Карпов Д.С., канд. экон. наук
Ярославский государственный технический университет

АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАК СТРУКТУРЫ ИЗ ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

krpvds@mail.ru

В современной литературе функционирование отечественного строительства изучается либо с позиции отрасли в целом, либо на уровне предприятия. Особенность данной статьи – рассмотрение отечественного строительного комплекса как совокупности экономических систем различных уровней иерархии. При этом акцент сделан на функционировании внешних и внутренних информационных потоков в рамках организационных структур данных систем. В результате определены некоторые возможные факторы повышения конкурентоспособности исследуемых систем в рамках отрасли.

Ключевые слова: экономические системы, строительный комплекс, информационная обеспеченность, совершенствование управления.

В отечественной экономической литературе при обилии имеющихся на сегодняшний день работ, посвященных проблемам развития строительного комплекса любого уровня, до сих пор не сформировалось единого мнения не только по существу рассматриваемого понятия, но и относительно самого критериального аппарата, с помощью которого должен вестись анализ проблем развития, формироваться модель предмета исследования. Такое разнообразие точек зрения связано с отсутствием единого методологического подхода к анализу строительного комплекса вследствие различия возможных трактовок самого понятия.

Строительный комплекс в основном определяют как часть некоей системы: «строительный комплекс как составной элемент инвестиционной сферы», например, такие авторы, как В.В. Бузырев, О.Г. Иванченко, Д.А. Ващук, И.В. Федосеев [1, с. 32]. «Строительный комплекс как организационная структура инвестиционно-строительного комплекса российской экономики» – определение Хрусталева Б.Б. и Мебадури З.А. [2, с.12-13], «совокупность конкретных отраслей, производственные процессы которых взаимообусловлены и связаны со строительством, реконструкцией, техническим перевооружением и капитальным ремонтом предприятий всех отраслей и сфер народного хозяйства» – Садовникова Н.А. [3, с.7]. Подобный подход к сущности строительного комплекса разделяют и другие авторы: Костриков Б.И., Асаул А.Н., Джаман М.А.

Некоторые исследователи, например, Санжина О.П., определяют строительный комплекс как целостную систему: «...при управлении деятельностью строительного

комплекса как социально-экономической системы необходимо рассматривать три составляющих: социальную, экологическую, и экономическую эффективность его (строительного комплекса) функционирования» [4, с. 95]. Здесь мы уже наблюдаем основы подхода с точки зрения социально-экономических систем, но с четким разделением их на составляющие, а также с отдельным их анализом.

Чаще всего строительный комплекс определяют через систему отношений. При этом характер, границы и предмет этих отношений трактуются по-разному. Одни, как Я.А. Рекитар, В.Б. Кондратьев, Н.А. Сидорова, вообще не определяют характер отношений: «учитывая, что производственные процессы, возникающие взаимообусловленно вокруг строительного производства, связаны с конкретными отраслями, представляется возможным выделить в строительном комплексе важнейшие составляющие его элементы» [5, с.15]. В этой связи заслуживает внимания точка зрения, согласно которой сегодняшний этап развития строительного производства характеризуется формированием производственных сетей самостоятельных предприятий, объединенных кооперативными отношениями по технологическим связям. Эти связи носят долговременный характер в рамках различных организационно-правовых форм, что дает основание некоторым авторам высказывать предположения о формировании комплектовочно-транспортно-строительного комплекса, определяя его состав [6, с.3]. Многие авторы, как, например, Хомкалов Г.В., ограничивают системное определение строительного комплекса характеристикой

экономических отношений [7, с.7]. Другие же исследователи вводят в определение строительного комплекса достаточно широкую характеристику отношений, обусловленную трансформацией строительного комплекса в инвестиционно-строительный, отражающую взаимодействие между субъектами, удовлетворяющими собственные интересы на основе участия в инвестиционных программах и проектах (в процессе создания строительной продукции).

В этой связи, вследствие принятия нами позиции изучения строительного комплекса как совокупности множества подсистем различных уровней иерархии, необходимо рассматривать их с точки зрения системного подхода. Реализация его принципов, когда речь идет об экономических системах строительства, требует всестороннего учета факторов, воздействующих на поведение системы данного уровня, информации, циркулирующей в системе, а также учета таких свойств, присущих системам этого уровня, как адаптивность к условиям меняющейся внешней и внутренней среды (то есть влияние систем уровнем выше или ниже), правовых, социальных, политических и иных характеристик. Именно этими обстоятельствами и определяется, в конечном счете, эффективность управления в экономических системах. Кроме того, важнейшее влияние на процесс изучения системы имеет подход к определению ее структуры, то есть категории, характеризующей распределение и взаимодействие в пространстве элементов, предметов и явлений системы. Совершенствование управления системами предполагает внесение тех или иных структурных изменений, что мы будем иметь в виду при рассмотрении системы уровня ОПСК. Но, согласно диалектике, движущей силой всяких изменений в системе являются противоречия. Там, где нет внешних или внутренних противоречий, не может быть и изменений. Что касается количественных изменений, то они обусловлены противоречиями, существующими у рассматриваемой системы с окружающей ее средой, в структурных же изменениях главную роль играют внутренние противоречия между элементами системы.

Теория изучения систем может дать обширнейшую методическую и методологическую базу исследования различных совокупностей тех или иных объектов, имеющих характеристики системы. Нас, прежде всего, интересуют именно локальные экономические системы различных уровней иерархии в рамках строительного комплекса России. В этом отношении примечательны рассуждения Э.А.Азроянца: «Поскольку основы глобалистики мы видим через призму

принципов холизма, а специфика предмета связана с всеобъемлющими процессами глобальной общности, уместным будет хотя бы коротко остановиться на вопросе отношения «целого» и «части». [8, с.117]

Содержание целого и части раскрывается через их сопоставление друг с другом, и смысл их различен. При этом и часть, поскольку она может выступать в иной иерархии как целое, также может быть принята за систему отсчета. Тем самым одно и то же явление, один и тот же феномен может оказаться представленным в разных проекциях, под разными углами зрения: как с точки зрения целого, так и с точки зрения одной из своих частей. Данная позиция обосновывает системный подход в рамках локальной экономической системы при рассмотрении ее оси иерархии (в частности, подсистем низшего уровня). Лишь переход от изучения функционирования одной системы к множеству (подмножествам) систем, различающихся по своей структуре и характеру функционирования, дает возможность подойти к пониманию процессов развития, состояния систем в динамике.

В процессе развития происходит некоторая стандартизация, унификация преобразований структуры и функций системы, то есть для развития характерен изоморфизм. Следовательно, основываясь на общности моделей развития, можно использовать различные научные результаты, полученные в одной области (направлении), при анализе другой. Также для развивающихся систем, по мнению большинства авторитетных исследователей [9,10], характерны, с одной стороны, устойчивость структуры, с другой – потеря устойчивости, разрушение одной и создание другой устойчивой структуры. Таким образом, мы наблюдаем применение закона "перехода количественных изменений в качественные".

Интересен подход известного экономиста Чистова Л.М. [11], в рамках которого рассматриваются многие внешние и внутренние противоречия систем, факторы, влияющие на управление данными системами. Недостатком данного подхода, по нашему мнению, является отсутствие учета влияния на локальные экономические системы информационного и временного потоков как специфических составляющих частей общих ресурсов данных систем. Необходимо также уделить внимание совокупности и взаимосвязям элементов локальной экономической системы, разработанным Мишиным В.М.[12] В ней учтен ряд недостатков подхода Л.М. Чистова, а также учтены элементы управления данной локальной экономической системой, что особенно важно с позиции данной работы. В управ-

ляющей подсистеме состав элементов имеет свои особенности и зависит от системообразующих факторов внешней и внутренней среды, включая конкретное содержание системы. Вместе с тем наиболее универсальным представляется подход к определению состава элементов системы управления в зависимости от состава элементов, характера и особенностей управляемой подсистемы.

Так, важна иерархия экономических систем в рамках «отдельное предприятие» – «комплекс предприятий (отрасль)». Интересно проанализировать ресурсные модели, классифицируемые по степени иерархичности, соответственно, на модели предприятия как подсистемы низшего уровня, модели локальных экономических систем региона, модели национальных экономических систем в масштабах страны и т. д. Поскольку авторитетными в данной сфере авторами утверждается, что методологические основы являются в преобладающей части типичными для строительных экономических систем (СЭС) всех иерархических уровней, мы можем с определенной степенью достоверности применять их при исследовании разноуровневых СЭС и проецировании результатов изучения определенного уровня на другой.[11, с.59] Стоит отметить, что рассматриваемые нами локальные экономи-

ческие системы в общем виде являются открытыми, то есть функционируют с учетом внешних воздействий (в том числе и управляющих) на систему.

Здесь мы можем однозначно акцентировать внимание на значимости информационных и организационных факторов, лежащих в основе (верхняя часть таблицы) принятия решений в управляющей подсистеме, а, следовательно, определяющих эффективность результирующих продукции или услуг.

Для проведения исследований представляется необходимым проследить место эффективности процесса управления (принятия обоснованных решений) в структуре экономической эффективности в целом. В рамках системного подхода это поможет сделать схема, предложенная Эткало О.А.[30, с.30] и доработанная нами в рамках гипотезы исследования с точки зрения акцентирования внимания в структуре на организационных и управленческих составляющих. Кроме того, нами предлагается учесть во взгляде на экономическую эффективность роль информационного обеспечения, которое влияет как на эффективность элементов системы и факторов, воздействующих на нее, так и на общую эффективность функционирования системы. Данная схема представлена на рисунке 1.

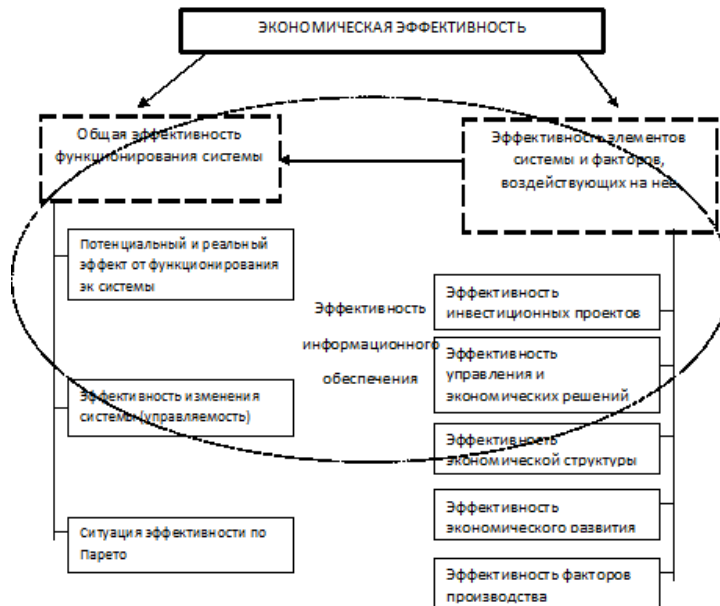


Рис. 1. Структура категории «экономическая эффективность»

Как мы видим на рисунке 1, экономическая эффективность системы в целом теснейшим образом связана с эффективностью организационной структуры и управления данной системой и, следовательно, с обеспечением информационной прозрачности внутренних процессов.

Важно различать также первичную и вторичную эффективность функционирования [14, с.55] подсистем различной иерархии в рамках

строительного комплекса. Объясняется это тем, что он может работать эффективно (первичная эффективность), но, поскольку необходимо достичь целей развития региона, то нередко это может приводить к понижению первичной эффективности (вторичная эффективность) вследствие ограничения способности материализовать имеющиеся инвестиции в готовую строительную продукцию.[15, с.2-16] Именно ин-

формационное обеспечение принятия решений руководителями систем различных уровней иерархии в рамках строительного комплекса позволит предприятиям не только успешно решать задачи развития на внутреннем рынке, но и становиться конкурентоспособными на рынке внешнем (о чем никогда не говорили в России).

Кроме обеспеченности управляющих подсистем информацией, большое влияние на эффективность реализации управленческих решений на данном этапе развития локальных экономических систем оказывает их организационная структура. Структура влияет и на технологию управления, ставит задачи оптимального распределения информации, использования управленческой техники при подборе и расстановке кадров. Особый интерес представляет процесс реализации управленческих функций на этапе перехода от строительного комплекса в статическом положении к объектным подрядным строительным комплексам. Здесь постоянно присутствует линейно-функциональная структура. При внедрении же матричных элементов, процесс управления делится на две составные части – формирование комплекса из подрядных органи-

заций с их производственными мощностями, а также комплектация стройки необходимым именно для нее оборудованием. Таким образом, за счет качественной координации процесс формирования объектного подрядного строительного комплекса значительно упрощается.

Необходимо совершенствовать информационные подходы к управлению. Повышение информационной прозрачности позволит оптимизировать процесс управления на всех его стадиях: от принятия управленческих решений до их реализации и контроля эффективности. Кроме того, точная своевременная и достаточная информация, представленная для внешнего пользования в экономических подсистемах-предприятиях, позволит совершенствовать управление и экономической системой более высокого иерархического уровня – привлечение инвесторов и заказчиков позитивно влияет на эффективность управления и функционирования любой локальной экономической системой. Данные положения наилучшим образом проиллюстрированы в разработанной авторами схеме, представленной на рисунке 2.

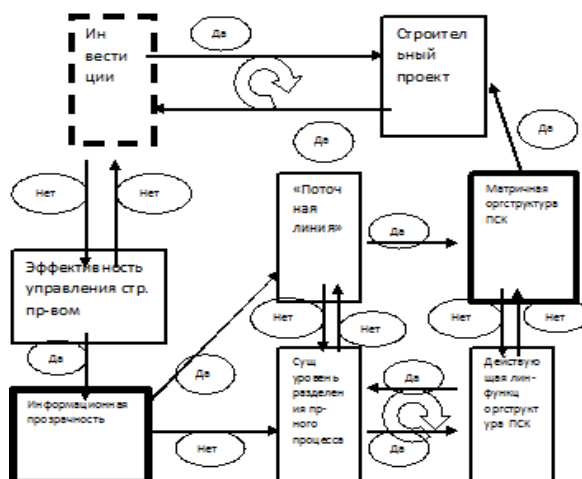


Рис. 2. Общая логическая схема возможных преобразований локальной экономической системы строительного

Так, на рисунке наглядно прослежена прямая зависимость привлекательности строительных проектов для инвестиций и информационной прозрачности внутренних и внешних процессов организаций. Из рисунка видно, что при текущем функционировании системы финансовые средства вращаются в секторе строительных проектов системы, не касаясь эффективности самого производственного и управленческого процесса. Данный факт объясняется отсутствием конкурентных принципов построения структурных образований – финансовые средства направляются на те или иные проекты, выполняемые определенными фирмами в зависимости не от эффективности их управления, а от личных связей и выгод. Процессы же управления и

производства протекают отдельно (см. нижнюю часть рисунка), без стимулов к совершенствованию. Освещенная ситуация может существовать до тех пор, пока в локальной экономической системе не появится элемент конкурентной борьбы. Например, иностранные инвестиции не идут по существующим наработанным каналам, как государственные российские. В данном случае заказчик заинтересован выбрать оптимальные предложения реализации собственного проекта. Соответственно, неизбежно встает проблема обеспечения эффективности процесса управления системными процессами с целью удовлетворить инвестора. Если данное направление действительно имеет место в локальной экономической системе, необходимо определить сте-

пень готовности системы к изменениям. В случае положительных результатов, следуют структурные изменения в системе, связывающие процессы производства, управления с информационным обеспечением и, следовательно, самим инвестором и финансовыми потоками. Таким образом, появляется стимул к дальнейшему совершенствованию процесса управления локальной системой, в рамках которого можно отметить следующие важные особенности:

- Заинтересованность в обеспечении информационной прозрачности постепенно усиливает конкурентоспособность управляемых систем и должна выходить на первый план как у руководителей строительных фирм (для внутреннего использования), так и у государства и сторонних инвесторов.

- Для повышения достоверности при разработке планов на различных этапах и уровнях иерархии инвестиционно-строительных проектов необходимы меры по разработке механизмов предоставления достоверной информации всем участникам инвестиционно-строительных проектов на любой стадии управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инвестиционно - строительный комплекс в рыночных условиях: Учеб. пособие по дисциплине «Экономика строительства» / В.В. Бузырев, О.Г. Иванченко и др.; Под ред. В.В. Бузырева. СПб.: СПбГИЭА, 1994.
2. Хрусталева Б.Б., Мебадури З.А. Региональный инвестиционно - строительный комплекс: вопросы формирования параметров деятельности строительных предприятий. - Пенза.: ПГАСА, 2001.
3. Садовникова Н.А. Статистическая оценка эффективности деятельности строительных организаций: проблемы методологии. М.: Финансы и статистика, 2002.
4. Санжина О.П. Управление строительством в регионе: проблемы и перспективы развития. СПб.: СПб. гос. Архитектур.-строит. ун-т, 2000.
5. Строительный комплекс в капиталистической экономике: функционирование экономического механизма и новые явления в развитии / Я.А. Рекитар, В.Б. Кондратьев, Н.А. Сидорова и др. М.: Наука, 1991.
6. Жаворонков Е.П. Эффективность логистики в строительстве М.: КИА центр, 2002.
7. Хомкалов Г.В. Оценка привлекательности объектов инвестирования: теория и практика. Иркутск.: Изд-во ИГЭА, 2001.
8. Азроянц Э.А. Постановка проблемы // Наукоедение. 2003. №3 (19).
9. Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем / Ежегодник: «Системные исследования». М.: «Наука», 1973.
10. Блауберг И.В. Системный подход как предмет историко-научной рефлексии / Ежегодник: «Системные исследования». М.: «Наука», 1973.
11. Экономика строительства. 2-е изд. / Л.М. Чистов.- СПб.: Питер, 2003. 637с.
12. Мишин В.М. Исследование систем управления –М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003 527 с.
13. Эткало О.А. Социально-экономическая эффективность рыночной системы хозяйства: структуралистская концепция. Кострома: Издательство КГУ им. Н.А. Некрасова, 2002.
14. Волостнов Н. Методологические основы анализа эффективности государственных предприятий // Экономист. 2002. № 5. С.55–58.
15. Каменецкий М.И. Строительный комплекс: анализ и оценка условий возможностей развития // Экономика строительства. 2001. № 4.

Karpov D.S.

ASPECTS OF FUNCTIONING EFFICIENCY INCREASE FOR BUILDING COMPLEX TAKEN AS THE STRUCTURE COMPOSED OF LOCAL ECONOMICAL SYSTEMS OF DIFFERENT HIERARCHY LEVELS

According to contemporary literature sources home building industry functioning is studied considering the whole industry or the particular enterprise. This article has a specific character: home building complex is taken for the totality of economical systems of different hierarchy levels. In addition, the way of external and internal information flows functioning under these systems organization frames is specially underlined. As the result, some possible factors influencing (within industry) the competitive growth of the researched systems are determined.

Key words: *economical systems, building complex, information availability, management development.*

Карпов Дмитрий Сергеевич, кандидат экономических наук
Ярославский государственный технический университет
Адрес: 150023, г. Ярославль, Московский проспект, 88
E-mail: krpvds@mail.ru

*Щетинина Е.Д., д-р экон. наук, проф.,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Кучерявенко С.А., канд. экон. наук, доц.,
Стенюшкина С.Г., аспирант
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА*

schetinina@inbox.ru

На сегодняшний день предприятия малого и среднего бизнеса являются объектом пристального внимания общественности, в связи с тем, что в условиях повышенной турбулентности внешней среды и экономического кризиса именно предприятия малого и среднего бизнеса становятся наиболее эффективной формой предпринимательства, играющего значительную роль в экономике России. Однако, предприятия малого и среднего бизнеса являются достаточно уязвимыми в условиях непредсказуемости развития и инертности рынка на фоне развивающейся конкурентной борьбы, что обуславливает необходимость разработки целенаправленной системы управления предприятием, включающей управление рисками. В статье предложен и рассмотрен алгоритм управления рисками предприятий малого и среднего бизнеса, который позволит минимизировать негативное влияние нестабильной внешней среды и обеспечить устойчивое развитие предприятий малого и среднего бизнеса в современных условиях. Научные разработки, представленные в статье, рекомендованы к применению в строительных организациях.

Ключевые слова: *риск-менеджмент, малый и средний бизнес, алгоритм управления рисками, управление.*

Введение. Сегодня одной из остро-обсуждаемых тем в России является проблема финансовой нестабильности в национальной экономике. Действительно, характеризуя экономическую систему необходимо выделить присущие ей свойства турбулентности: разнонаправленное и хаотичное развитие, быстрая смена рыночных тенденций и значительных колебаний макроэкономических показателей, скачкообразное изменение статического состояния системы [1]. В таких условиях функционирования наиболее сложно выживать малым и средним предприятиям, которые по праву можно отнести к одному из приоритетных секторов российской экономики. Их роль весьма велика, так как от успешного развития предприятий малого и среднего бизнеса во многом зависит экономическая стабильность, как регионов, так и страны в целом. Именно с малым и средним бизнесом связано появление новых рабочих мест, смягчение негативного влияния безработицы, повышение качества оказываемых услуг, рост производства импортозамещающей продукции, что особенно важно на современном этапе.

Несмотря на то, что малый и средний бизнес наиболее мобильный в изменяющейся обстановке на рынке по сравнению с крупными предприятиями, существует ряд проблем, делающих предприятия малого и среднего бизнеса

уязвимыми в период финансового кризиса, нестабильной экономической ситуации в стране [10].

Во-первых, для малых и средних производителей зачастую отсутствует рыночная инфраструктура. По этой причине малые и средние предприятия не имеют возможности реализовывать произведенную продукцию в полном объеме, а так же наращивать объемы производства. Это зачастую приводит к тому, что предприятия вынуждены налаживать каналы реализации на условиях заниженных цен.

Во-вторых, на предприятиях зачастую отсутствует или проводится слабая маркетинговая политика по сбыту продукции, что проявляется в недостаточности проводимых маркетинговых исследований, не обоснованном выборе ассортимента производимой продукции и др.

В-третьих, недостаточно развита внутренняя инфраструктура предприятий малого и среднего бизнеса, выраженная в отсутствии или неполноценном функционировании отдельных структурных подразделений. Так, например, зачастую на предприятиях отсутствуют отделы маркетинга, планово-экономический отдел и что особенно важно отдел управления рисками [12].

В ряде случаев слабо развитая внутренняя культура на предприятии обуславливает привлечение не квалифицированных или недостаточно квалифицированных специалистов, сни-

жение платежной дисциплины, отсутствие мотивации работников и прочие. И как следствие, малые и средние предприятия постоянно испытывают потребность в денежных средствах. Возможности в получении кредитов для этих предприятий ограничены высокими процентными ставками, а их инвестиционная привлекательность достаточно низкая для того, чтобы использовать частные инвестиции [3].

Таким образом, предприятия малого и среднего бизнеса являются достаточно уязвимыми в условиях непредсказуемости развития и инертности рынка на фоне развивающейся конкурентной борьбы, а успешное их развитие связано с возникновением новых факторов рисков, что влечет за собой разработку принципиально новой или совершенствование уже имеющейся системы управления предприятием, которая могла бы обеспечить устойчивое развитие в современных условиях.

Основная часть. Если рассматривать текущие и перспективные задачи малых и средних предприятия через призму риска можно определить траекторию их развития в условиях изменяющейся внешней и внутренней среды и своевременно применять адекватные методы управления. В этой связи возникает необходимость в алгоритме действий по управлению рисками с учетом особенностей функционирования малых и средних предприятий [14].

В результате проведенного исследования деятельности предприятий в изменяющихся нестабильных условиях функционирования и выявления особенностей развития малого и среднего бизнеса нами предложен алгоритм управления рисками, который позволит оптимизировать управленческую деятельность на данных предприятиях (рис.1).

Разработанный нами алгоритм управления рисками на предприятиях малого и среднего бизнеса основан на стандартных процедурах управления, но в качестве его особенности мы выделяем содержание этапов управления, учитывающие потребности и особенности развития малых и средних предприятий в нестабильной экономической среде:

1 этап. Создание эталона сравнения риска. В данном случае определяется граница, отражающая наличие риска, начиная с которого предприятие считает для себя необходимым оказывать воздействие на его уровень. Определение шкалы данной границы учитывает особенности развития малых и средних предприятий, их масштабы, что и определяет уровень допустимого риска.

2 этап. Идентификация риска и оценка вероятности его наступления. Процедура оценки

наличия риска производится согласно определенной ранее шкалы (эталона сравнения) риска.

3 этап. Степень управляемости рисками. Предприятия малого и среднего бизнеса отличаются достаточно высокой мобильностью и упрощенной системой управления, а также высокой степенью приспособляемости к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Управляемость рисками зависит от наличия таких причин, которые зависят от свойства работы предприятия или его предистории. Неуправляемые причины, влияющие на возможность воздействия на уровень рисков, не могут быть изменены, а могут быть только учтены. В случае возможности воздействия на уровень риска определяются потери по различным показателям.

4 этап. Измерение рисков и определение их стоимости. Как правило, измерение рисков осуществляется при помощи качественных и количественных показателей оценки рисков. Под стоимостью рисков в данном случае понимается физические затраты или потери, связанные с реализацией (или отказом от реализации) антикризисных механизмов или осуществлением отдельных рискованных операций или сделок. Уровень потерь должен соответствовать доле капитала, которая зарезервирована для их покрытия. Ожидаемая выгода, от использования стратегий по управлению рисками, должна быть выше или равна базово принятым на предприятии, а для малых и средних предприятий данная выгода должна являться еще более существенной, чем понесенные затраты на капитал, который для этих предприятий итак является достаточно дорогим, так еще и требует стабильности денежных потоков и должного уровня доходности [7].

5 этап. Разработка методик риск-менеджмента. Важность данного этапа заключается в разработке и утверждении программы действий по снижению рисков при реализации антикризисных механизмов и организация мероприятий согласно данной программе. Мероприятия, направленные на предотвращение кризисных ситуаций на предприятиях малого и среднего бизнеса ввиду их мобильности, включают мероприятия по воздействию на уровень рисков на основе методов минимизации потерь или на основе максимизации выгоды [12].

6 этап. Формирование системы мониторинга и контроля. Осуществление мониторинга программы риск-менеджмента и организация внутреннего контроля позволяют отслеживать и своевременно воздействовать на уровень рисков, минимизируя или полностью исключая различные последствия для предприятия, которые окажут негативное воздействие на его устойчи-

вость. Среди общих методов контроля целесообразно выделить такие, как: метод предварительного контроля, метод направляющего кон-

троля, метод фильтрующего контроля, метод последующего контроля [16].

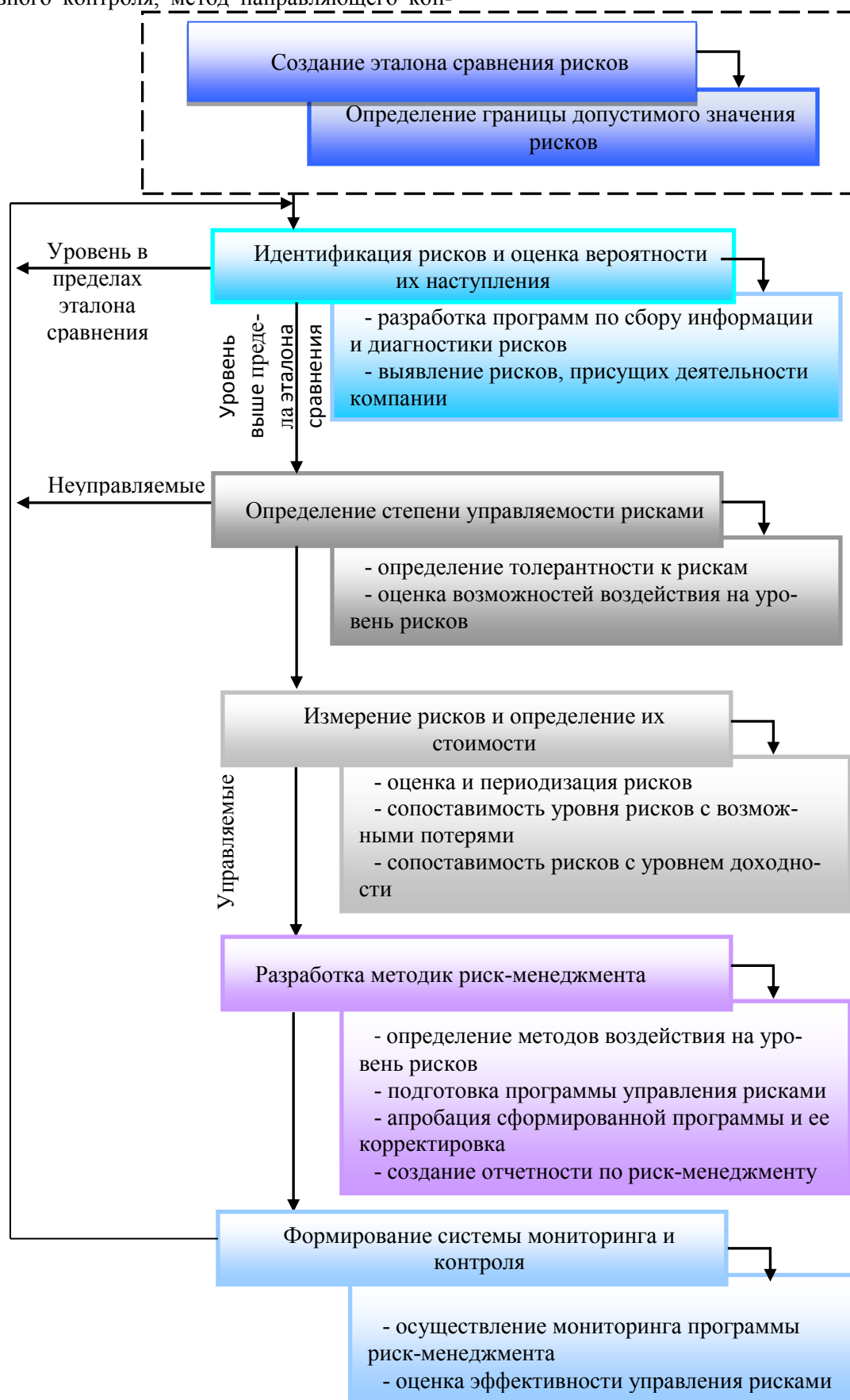


Рис. 1. Алгоритм управления риском на предприятиях малого и среднего бизнеса

Таким образом, управление риском на предприятии является непрерывным процессом, заключающемся в постоянном мониторинге устойчивости развития предприятия, условий функционирования, выявлении предпосылок возникновения рисков, их идентификации и разработке адекватных методов управления рисками.

Выводы. Предприятия малого и среднего бизнеса можно по праву отнести к одному из приоритетных секторов российской экономики, что обусловлено преимуществами малого и среднего бизнеса: быстрая адаптация к изменяющимся условиям рынка, большая независимость действий, гибкость и оперативность при принятии управленческих решений; сравнительно невысокие расходы при осуществлении деятельности; возможность самореализации; более низкая потребность в первоначальном капитале; быстрая реакция на меняющиеся запросы рынков. Развитие малого и среднего предпринимательства позволяет решать многие социальные задачи: создание новых рабочих мест, снижение уровня безработицы и социальной напряженности, формирование среднего класса и повышение качества жизни населения регионов.

Управление рисками на сегодняшний день является ключевым аспектом в деятельности предприятий малого и среднего бизнеса, функционирующих в нестабильной рыночной экономике. Это связано с тем, что фактор риска возникает во многих сферах деятельности и своевременное выявление, анализ и принятие соответствующего решения о способе управления тем или иным риском, позволяет организации избежать кризисных явлений и тем самым является как защитным механизмом, так и фактором успеха компании. Поэтому, вопрос организации на предприятии целенаправленного алгоритма действий по управлению рисками становится одним из наиболее актуальных и требующих особого внимания.

Предложенный алгоритм управления риском на предприятиях малого и среднего бизнеса, включающий такие этапы, как создание эталона сравнения риска, идентификацию и оценку наступления риска, определение степени управляемости рисками, измерение рисков и определение их стоимости, разработку методик риск-менеджмента, формирование системы мониторинга и контроля, позволит эффективно управлять рисковой ситуацией на предприятиях малого и среднего бизнеса.

**Статья выполнена в рамках Гранта Президента МК-4882.2016.6 «Моделирование системы риск-менеджмента малого и среднего*

бизнеса в условиях повышенной турбулентности внешней среды»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щетинина Е.Д., Андрианова А.В. Система управления рисками проекта Белгородский экономический вестник. 2011. № 4 (64). С. 27–29.
2. Бурлачков В. Турбулентность экономических процессов: теоретические аспекты. // Вопросы экономики. 2009. № 11. С. 90–97.
3. Одинцова М. А. Методика управления рисками для малого и среднего бизнеса // Экономический журнал. 2014. №3 (35). С. 38–47.
4. Проценко О.Д., Цакаев А.Х. Организация риск-менеджмента на современном предприятии // Российское предпринимательство. 2001. № 8 (20). С. 38–45.
5. Беляйкина О.В. Организация системы риск-менеджмента в малом бизнесе: ситуационно-характеристические параметры // Вопросы экономики и права. 2010. № 12. С. 243–248.
6. Хмыров В. В. Основные концепции риск-менеджмента // Бизнес в законе. 2012. №2. С. 245–249.
7. ИСО/МЭК 31010:2009. Менеджмент риска. Методы оценки риска. (ISO/IEC 31010:2009 «Risk management - Risk assessment techniques»). Введ. 2011-12-01. М. : Стандартиформ, 2012. С.8
8. Арсланова Э.Р. Риск-менеджмент в системе антикризисного управления // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2010. №1. С. 54–57.
9. Дюжкова О. М. Государственная экономическая политика России в условиях модернизации: диссертация на праве рук.канд. экон. наук: 08.00.01/ Дюжкова Ольга Михайловна. Самара, 2015. С. 42.
10. Журавлёва Г. П. Новые правила игры в условиях экономической турбулентности / Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2013. №3. С. 23–28.
11. Кормановская И. Р. Устойчивость развития региональных социально-экономических систем в условиях турбулентности // Проблемы современной экономики. 2015. №4(56). С. 189–192.
12. Кучерова Е.Н. Современный подход к устойчивому развитию предприятия // Вестник ОГУ. 2007. №9. С. 76–81.
13. Окольнішнікова І.Ю., Каточков Е.В. Концептуальні основи формування і розвитку системи ризик-менеджмента

организации // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2013. Т.7. №2. С. 131–135.

14. Хлыстова О. В. Концептуальные основы стратегического управления предпринимательскими структурами в условиях турбулентности // Российское предпринимательство. 2011. № 3 Вып. 1(179). С. 34–38.

15. Яницкий О. Н. «Турбулентные времена» как проблема общества риска // Общественные науки и современность. 2011. № 6. С. 155–164.

16. Kucheryavenko S.A., Stenyushkina S.G. Formation of the system of risk management in small and medium business // Научный результат. Серия: Экономические исследования. 2016. Т. 2. № 2. С. 52–57.

Shchetinina E.D., Kucheryavenko S.A., Stenyushkin S.G.

THE FORMATION ALGORITHM OF RISK MANAGEMENT OF THE ENTERPRISES OF SMALL AND MEDIUM BUSINESS

Today, enterprises of small and average business are subject to public scrutiny, due to the fact that in conditions of high turbulence of the environment and economic crisis, it is the enterprises of small and average business becomes the most effective form of entrepreneurship, plays a significant role in the Russian economy. However, enterprises of small and medium-sized businesses are quite vulnerable to the unpredictability of development and the inertia of the market amid growing competition, which necessitates the development of targeted systems of enterprise management, including risk management. In the article, and the algorithm of risk management of the enterprises of small and medium business, which will minimize the negative impact of volatile external environment and to ensure sustainable development of the enterprises of small and average business in modern conditions. Research and development, presented in the paper is recommended for use in construction organizations.

Key words: risk management, small and medium business, the algorithm of risk management, management.

Щетинина Екатерина Даниловна, доктор экономических наук, профессор зав. кафедрой маркетинга
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: schetinina@inbox.ru

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308012, Белгород, ул. Победы д. 85
E-mail: kucheryavenko_s@bsu.edu.ru

Стенюшкина Светлана Геннадьевна, аспирант
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308012, Белгород, ул. Победы д. 85
E-mail: stenyushkina_s@bsu.edu.ru

**Балабанова Г.Г., ст. преп.,
Журавлева Л.И., канд. экон. наук, доц.**
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

gulnara.balabanova@yandex.ru

В статье рассматривается проблема повышения производительности труда, теоретические основы исследований в области производительности труда, определяются причины низкой производительности труда и пути ее повышения, подчеркивается значимость данной проблемы для современного экономического развития страны. В качестве причин низкой производительности труда указываются устаревшие мощности, недостаточная квалификация персонала, низкий уровень организации труда, слабое развитие институциональной среды. Определены инструменты воздействия на производительность труда: субсидирование программ повышения производительности труда; оказание поддержки организациям и институциональным механизмам, связанным с повышением производительности труда. Основной упор делается на институциональные факторы роста производительности труда: государство, профсоюзы, этические нормы. Поскольку на сегодняшний день экстенсивные факторы экономического роста российской экономики, связанные с вводом в действие простаивающих мощностей и привлечением дополнительной рабочей силы, исчерпали себя, то для решения проблемы роста производительности труда нужны институты, создающие условия, при которых причиной экономического развития может быть только высокая производительность общественного труда, а не контроль над ресурсами и не административные рычаги.

Ключевые слова. *производительность труда, эффективность производства, прямые и косвенные источники роста производительности труда, институциональные факторы роста производительности труда, этическое отношение к бизнесу, этическая политика фирмы.*

Введение. Трансформация экономических отношений в России, начавшаяся в конце XX в., отодвинула на второй план проблему роста производительности труда, поскольку бытовало мнение, что приватизация собственности и появление частного предпринимателя автоматически приведут к росту производительности труда. Но как показала практика последних двух десятилетий, игнорирование данной проблемы стало одним из препятствий динамичному развитию экономики.

Как и много лет назад сегодня производительность труда остается итоговым, результативным показателем производственной деятельности, характеризующим эффективность и уровень развития общественного производства. Этот показатель:

- наиболее полно учитывает все факторы экономического роста;
- отражает социально-экономический уровень эффективности труда;
- характеризует перспективу социально-экономического развития страны.

Еще в конце 60-х гг. XX в. советские экономисты указывали на то, что даже один процент повышения производительности труда имеет огромное значение для экономики страны. Если в 1970 г. каждый процент повышения производительности труда по всему народному хозяйству был равнозначен приросту

национального дохода на 2,9 млрд. руб., то в 1980 г. – 4,6 млрд. руб., а в 1988 г. – 6,3 млрд. руб. [1].

Большую значимость проблема повышения производительности труда приобретает и потому, что численность экономически активного населения по оценкам Росстата снижается, и будет продолжать снижаться. Так, в 2015 г. численность населения в возрасте от 15 до 64 лет составит 99,8 млн. человек (в 2010 года была 102,2 миллиона человек), а к 2025 г. уменьшится на 9-10 млн. человек [2].

Задача, поставленная временем перед российской экономикой чрезвычайно сложная, особенно если учесть, что в пореформенный период проблеме роста производительности труда в стране не уделялось должного внимания. В результате, в 90-е годы XX века производительность труда по стране снизилась в 3–4 раза [3; 4].

Методика. Теоретические основы исследований в области производительности труда были заложены основоположниками классической школы политической экономии. Так, У. Петти первым увязал стоимость товара с общественно-необходимым временем. Богатство нации, по А. Смиту, представляет собой продукты материального производства, величина которых зависит от двух факторов – доли населения, занятого производительным

трудом, и производительности труда, которая определяется разделением труда. Д. Рикардо считал, что причиной изменения стоимости одного товара относительно других товаров служит уменьшение количества труда, необходимого для его производства. Повышение производительности труда, по Марксу, означает экономию живого и овеществленного труда на единицу потребительной стоимости. Но при этом доля живого труда уменьшается, а доля прошлого труда увеличивается таким образом, что общая сумма труда, заключающаяся в товаре, уменьшается. По Марксу только живой труд обладает производительной силой. Труд, овеществленный в средствах производства, пассивно переходит из одной потребительной стоимости в другую, а его экономия имеет большое значение для роста производительности труда в масштабе всего общества.

Таким образом, суть повышения производительности труда по Марксу в том, что любое изменение в процессе труда, сокращающее рабочее время, общественно необходимое для производства данного товара, повышает производительную силу труда, так что меньшее количество труда приобретает способность произвести большее количество потребительной стоимости.

Во второй половине XX в. произошло объединение ранее существовавших теорий с опытом экономического развития, в результате чего категория «производительность труда» в современных условиях хозяйствования предельно широкая экономическая категория, отражающая не только эффективность трудового фактора, но и охватывающая большинство сторон деятельности организации [5].

Как следует из вышеизложенного, прежний подход заключался в том, что производительность принадлежит трудовому фактору, остальные факторы производства лишь обеспечивают большую или меньшую производительную силу труда. Теперь под производительностью понимается мера эффективности использования имеющихся производственных ресурсов (труда, капитала, сырья, энергии, времени, земли, информации и других ресурсов) для производства необходимой потребителю по количеству, ассортименту и качеству продукции или для предоставления услуг. В современных теоретических концепциях производительность труда зависит и от таких факторов, как эффективное управление предприятием, корпоративной культуры фирмы, мотивации работников [6].

Основная часть. Низкая и продолжающаяся снижаться производительность (по сравнению с другим странами) является основным сдержи-

вающим фактором развития экономики. Намечалась тенденция к сокращению темпов роста этого показателя. В 2014 г. производительность труда выросла лишь на 0,5 %, а в I кв. 2015 г. продемонстрировала отрицательную динамику [7, 8].

К возможным причинам снижения производительности труда на уровне отдельных фирм и на уровне общества можно отнести:

- проблемы управления и мотивации персонала [9];
- нехватка трудоспособного населения;
- действующая система оплаты труда;
- слабая активизация косвенных источников роста;
- недостаток квалифицированного персонала;
- незаинтересованность работодателей в повышении квалификации и дальнейшем развитии своих работников;
- устаревшие производственные мощности;
- падение производства высокотехнологичных товаров, переориентация экономики на импортную технологическую базу.

Сегодня для решения поставленной задачи в арсенале любого предприятия имеются как прямые, так и косвенные инструменты воздействия на производительность труда.

К прямым относят:

- управление государственными предприятиями;
- правительственное инвестирование;
- субсидирование программ повышения производительности труда.

К косвенным относят:

- популяризацию информации о проблемах, связанных с повышением производительности труда;
- финансирование программ обучения и подготовки профессиональных кадров;
- оказание поддержки организациям и институциональным механизмам, связанным с повышением производительности труда.

Наряду с экономическими факторами большое значение имеют институциональные основы, обеспечивающие рост производительности труда.

В качестве одного из институтов можно назвать государство. Основная роль государства в области управления производительностью труда заключается в создании политических, экономических, социальных и организационных условий, способствующих ее росту. В этом направлении необходимо создать соответствующие структуры, которые принимают участие в разработке общенациональной программы по-

вышения производительности труда; постановить конкретные задачи по реализации вышеназванной программы; сформировать коллектив специалистов, которые осуществляют анализ и внедрение усовершенствований на местах.

Следующим общественным институтом, который может и должен оказывать существенное воздействие на мероприятия, связанные с управлением производительностью труда на предприятиях, в современном мире являются профсоюзы. Профсоюзы добиваются согласия между рабочими и руководством по поводу мер, осуществляемых для роста производительности труда, на основе справедливого распределения затрат и выгод; обеспечивают образование рабочих для реализации концепций повышения производительности труда. Главным инструментом влияния на производительность труда являются коллективные договоры, заключаемые между профсоюзами и работодателями при посредничестве государства, где фиксируются применяемые показатели и методы измерения производительности труда, процедуры участия работников в соответствующих программах и контроль над их осуществлением. К сожалению, профсоюзное движение в постсоветской России все еще находится в стадии становления. Поэтому говорить об участии российских профсоюзов в процессах повышения производительности труда как о распространенном явлении пока не приходится. В основном, они пытаются обеспечить выплату заработной платы и хотя бы минимальную социальную защиту своих членов.

Помимо государства и профессиональных союзов в современном мире заметное влияние на деятельность предприятий, в том числе и на управление производительностью труда, оказывают различные неправительственные организации, поставившие своей целью оказание финансовой, информационной, кадровой поддержки усилиям фирм по повышению эффективности, а так же международные организации. Их значимость объясняется ростом экономического и технического сотрудничества между странами, что обусловило распространение передовых методов управления и новых информационных технологий и, таким образом, способствовало усилению необходимости создания универсальных подходов к оценке и измерению эффективности использования ресурсов. Увеличилось количество национальных и отраслевых институтов производительности общественного труда, объединяющих свои усилия на международном уровне с целью обмена опытом и информацией о методах измерения, программах, достижениях, проблемах.

Таким образом, можно утверждать, что общественные институты, по-разному отражаю-

щие те или иные интересы общества, принимают активное участие в повышении производительности труда на предприятиях и в организациях. Каждая группа этих институтов использует свои специфические способы, инструменты воздействия. Различается и видение ими конкретных задач их деятельности в этом направлении.

Сегодня в России относительно высокий уровень производительности труда наблюдается в отраслях, ориентированных на экспорт своей продукции. Уровень производительности труда в отраслях, ориентированных на внутренний спрос, на сегодняшний день остается довольно низким. Высокомонополизированные и закрытые от внешнего рынка отрасли характеризуются низким уровнем производительности (энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство и другие).

В качестве еще одной из причин низкого уровня производительности труда является тот факт, что мероприятия по повышению производительности сводятся только к технологическому переоснащению промышленности, совершенствованию и расширению производственно-технического аппарата, квалификации трудового ресурса. Но многие исследователи данной проблемы склоняются все больше к тому, что вышеобозначенная проблема имеет ментальную природу [10].

Для современной российской экономической действительности нередким является пренебрежение работников к нововведениям, низкая дисциплина и исполнительность, что снижает эффективность управления. Падение морали и нравственности, отсутствие какой-либо идеологии, поскольку православие не смогло даже частично заменить коммунистическую идеологию, пагубно сказывается и на эффективности трудовой деятельности [11]. Свободное от государственной идеологии место заменила полукриминальная жизнь. Такая система и жизнь не стимулируют высокопроизводительный труд, а стимулирует бегство лучших специалистов и высококвалифицированных рабочих в более благополучные для жизни страны.

В то же время все большее значение в деятельности компаний приобретает этическое отношение к бизнесу, к собственному труду. Многие исследователи отмечают, что сегодня такие цели компаний, как высокая производительность и максимизация прибыли уступают место другим целям в деятельности компаний – эффективность остается на первом месте, но за ней следуют репутация организации и высокий моральный дух. В сознании многих людей максимизация прибыли связывается с сомнительным, неэтичным поведением, если же

компания много внимания уделяет таким вопросам, как служение обществу, поддержка программ развития регионов, то среди населения ее деятельность расценивается как этическое поведение и вследствие этого растет доверие к ее товарам. Таким образом, нравственность может приносить не только моральное удовлетворение, но и дивиденды, имеющие денежное выражение. Американские ученые уже давно пришли к выводу, что такие неосознанные факторы как культура производства, система ценностей фирмы, материализуются в конкретные показатели хозяйственной деятельности [12].

Нравственное поведение работников фирмы зависит от этической политики в фирме. Эта политика может принимать форму кодексов поведения или заявлений высшего руководства. Четко сформулированная политика организации препятствует неэтичному поведению. К. Эрроу полагал, что нормы общественного поведения, включая этические, способны компенсировать недостатки рынка, поскольку их действие снижает транзакционные издержки сделок, что служит росту производительности труда и приносит общую пользу всем экономическим агентам [13].

Современная экономическая теория сегодня все активнее включает в предмет своего исследования такой институт, как этика. Сегодня этика превращается в средство экономического развития, в связи с чем, некоторые организации стали разрабатывать модели этического поведения, выявлять лидеров этического поведения с целью воздействия на коллектив. Проявление недоверия и рост экономических преступлений повышают транзакционные издержки, поэтому этическое поведение превращается в фактор экономического роста, а проблема экономической этики заняла прочные позиции в научных исследованиях и современной хозяйственной жизни. Так, в 2003 г. работники предприятий участвовали в каждом втором преступлении, совершенном на предприятиях [14]. Самый серьезный ущерб наносят высшие менеджеры, которые занимаются вымогательством, манипулируют финансовой отчетностью. Именно эти и подобные им обстоятельства побудили американскую ассоциацию «Business for Social Responsibility» обратиться к морали, призывающей быть хорошими гражданами и совершать правильные действия, призывать своих членов, преследуя коммерческие цели, соблюдать этические нормы и с уважением относиться к людям, сообществам и окружающей природной среде [14].

Закключение. Повышение производительности труда и преодоление технологического разрыва с западными странами на сегодняшний

день являются одними из приоритетных направлений экономического развития России. Опыт стран с развитой рыночной экономикой позволяет утверждать, что только повышение производительности труда дает возможность сохранить конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках, повысить благосостояние своих граждан. Средства, которые тратятся на изыскание и реализацию резервов роста производительности труда, впоследствии многократно окупаются снижением производственных и непроизводственных издержек, ростом прибыли, успехами в конкурентной рыночной борьбе.

Существует множество причин низкой производительности общественного труда в нашей стране. Эти причины связаны и с устаревшими производственными мощностями, и с недостаточной мотивацией труда, и с отсутствием развитой институциональной среды, и со слабым уровнем управления [15].

Важно отметить, что в последнее десятилетие усилилось внимание к проблеме роста производительности труда в обществе, что и создает уверенность в успешном решении данной проблемы.

Выводы. Увеличение производительности – это не только фундамент дальнейшего экономического роста, но и один из основных способов выживания предприятия и движения общества вперед. Низкая производительность труда указывает на многие проблемы экономики, которые тормозят ее формирование на новых инновационных началах.

Для решения этой важнейшей проблемы необходимо совершенствовать механизм управления производительностью, осуществить трансформацию общественных институтов при активном участии государства и, в частности, институтов системы социально-трудовых отношений, повысить социальный статус труда, превратить этику в средство экономического развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров И.А. Трансформация производительности труда на этапе рыночных преобразований [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.dissercat.com>. (дата обращения: 05.09.2014).
2. Население России до 2030 г.: демографические и функциональные прогнозы. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/knigi/ns_09/acrobat/glava6.pdf (дата обращения: 07.09.2014).
3. Рудик Е.В. Содержание и место мониторинга производительности труда в

промышленной вертикально-интегрированной структуре // Конкуренция и конкурентоспособность. Организация производства конкурентоспособной продукции: Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск. 14 дек. 2009. г. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/21.pdf> (дата обращения 2.10.2015).

4. OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-level. Productivity Growth, OECD Publishing, 2001 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264194519-en> (дата обращения 2.12.2015).

5. Жерносек К.А. Исследование научных подходов к определению понятия «производительность труда» // Актуальные вопросы экономических наук. 2010. № 12–1. С. 231–236.

6. Sheldon A. Organizational paradigms: a theory of organizational change. Organizational Dynamics. 1980. Vol. 3: 61–71 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0090261680900455> (дата обращения 2.12.2015).

7. Лобзова В. Производительность труда: эволюция развития и задачи российской экономики на современном этапе // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2012. № 4. С.147–154

8. Криворучкина Е.В. Производительность в системе критериев результативности деятельности предприятия // Экономика и управление. 2013. № 4 (36). С. 76–80.

9. Park J. 2006. Dispersion of Human Capital and Economic Growth. Journal of Macroeconomics,

Vol. 28. Issue 3: 520-539 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://eprints.ibu.edu.ba/289/1/ISSD2009-MANAGEMENT_p439-p445.pdf (дата обращения 10.09.2015).

10. International Comparisons of Hourly Compensation Costs in Manufacturing. 2012 / United States Department of Labor; Bureau of Labor Statistics [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.bls.gov/fls/ichcc.htm>. (дата обращения 08.02.2015).

11. Arrow K.J., Chenery H.B., Minhas B.S., Solow R.M. Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. 1961. // The Review of Economics and Statistics. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.aae.wisc.edu/aae705/References/Arrow_etal_1961.pdf (дата обращения 02.12.2015).

12. Производительность труда в трансформирующейся экономике. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.nauka-shop.com/mod> (дата обращения 10.11.2013).

13. Фомин А.Д. О времени, в котором мы живем// ЭКО. 2010. № 2. С. 3–17.

14. Творческая среда и эффективность инноваций (Сводный реферат)// Социальные и гуманитарные науки: Отечественная и зарубежная литература. 2010. Серия 2. Экономика, № 2. С. 111–116.

15. Портер М., Крамер М. Стратегия и общество: связь между конкурентными преимуществами и социальной ответственностью корпораций // Социальные и гуманитарные науки. 2007. Серия 2. Экономика. № 4. С. 117–125.

Balabanova G.G. Zhuravleva L.I.

TO THE QUESTION ABOUT ENCREASE OF LABOUR PRODUCTIVITY : ECONOMIC AND INSTITUTIONAL ASPECTS

In article problem about encrease of labour productivity, theoretical bases of researches in the field of a labor productivity is considered, the reasons of low labour productivity and a way of its increase are determined, the importance of this problem for modern economic development of the country is emphasized. As the reasons of low labour productivity obsolete capacities, insufficient qualification of personnel, low level of job management, a weak development of the institutional environment are specified. Instruments of impact on a labor productivity are determined: subsidizing of programs of encrease labour productivity; support to the organizations and institutional mechanisms connected with encrease of labour productivity. It is focused on institutional factors of a gain in productivity of work: state, labor unions, ethical standards. As today the extensive factors of economic growth of the Russian economy connected with commissioning of idle capacities and attraction of additional labor power have sputtered out, for the problem resolution of a gain in productivity of work the institutes creating conditions under which only high productivity social labor, but not control over resources and not administrative levers can be the cause of economic development are necessary.

Key words: Labor productivity, production efficiency, direct and indirect sources of a gain in labor productivity, institutional factors of a gain in labor productivity, ethical relation to business, ethical policy of firm.

Балабанова Гульнара Гусейновна, старший преподаватель кафедры теории и методологии науки.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
e-mail: gulnara.balabanova@yandex.ru

Журавлева Лариса Ивановна, 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: lapsa55@rambler.ru

DOI: 10.12737/22447

*Саруханова Е.А., магистрант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Ширина Н.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина*

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПУТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ РОДОВЫХ УСАДЕБ (ЧАСТЬ 1)

schnv02@mail.ru

В статье рассматривается новый подход к решению многочисленных проблем человеческого общества и государства за счет создания новых населенных пунктов – экологических поселений, и преобразования в экологические поселения существующих населенных пунктов путем организации родовых усадеб из земель бывших и малонаселённых сельских населённых пунктов.

Ключевые слова: земельные ресурсы, родовые усадьбы, учет, инвентаризация территорий.

В последнее десятилетие на территории Белгородской области и за ее пределами получили распространение некоторые общественные движения социально-экологической направленности. Появились инициативные группы граждан, содействующие улучшению экологической обстановки и рациональному использованию природных ресурсов области, возрождению родовых усадеб, духовного и культурного развития. При этом в образовании родовых усадеб (поместий) четко просматривается стремление уйти от урбанизации и влияния экологически негативных факторов городской жизни. Уже более 10 лет в стране набирает популярность идея возрождения села в, казалось бы, старой форме родового поместья, но наполненной новым содержанием, отвечающим современным реалиям.

Еще в 2010 г. Правительство области пришло к выводу о необходимости на законодательном уровне региона, не дожидаясь решений на федеральном уровне, помочь возродить лучшие традиции родовых поместий, при этом создание родовых поселений соответствует также программам малоэтажной застройки, которые сейчас реализуются в Белгородской области [1–3].

Был предложен новый подход к решению многочисленных проблем человеческого общества и государства за счет создания новых населенных пунктов – экологических поселений, и преобразования в экологические поселения существующих малонаселенных пунктов. Основой экологических поселений должны стать родовые поместья. В экологических поселениях предполагается комплексное решение многих проблем, стоящих перед современным человеком. Таким образом, будут созданы условия для решения экономических, социальных, экологических проблем общества, а также для духовного развития, раскрытия творческого потенциала и

возможности самореализации личности путем создания сети экологических поселений, состоящих из родовых усадеб с новым укладом жизни [4, 5].

Белгородская область является первым субъектом России, на территории которой можно оформить землю под родовое поместье в соответствии с региональным законодательством. Соответствующий закон был принят областной думой в 2010 году. В 2013 г. Закон «О родовых усадьбах» был переименован в Закон «О родовых поместьях в Белгородской области». Этот Закон позволит возродить малочисленные и достаточно удаленные от районных центров населенные пункты области. Кроме того, создание родовых поместий и родовых поселений на территории Белгородской области направлено на освоение неиспользуемых земельных участков, экологическую реставрацию земли, а также снижение темпов ее деградации посредством предоставления земельных участков гражданам для их восстановления и организации на них поместного хозяйства [6].

Проект закона «О родовых поместьях и родовых поселениях в Российской Федерации» № 555205-6 был внесен в Госдуму в 2014 г. 18.12.2015 г. проект федерального закона был отклонен Государственной Думой и отправлен на доработку. Тем не менее, на территории Белгородской области региональные нормативные акты действуют и сегодня. При этом движение по созданию родовых поселений набирает ход по всей стране (рис. 1) [7].

Процедура организации родового поселения в Белгородской области значительно упростилась с принятием Закона «О родовых поместьях» и Концепции обустройства родовых поместий и родовых поселений в Белгородской области, разработанной Управлением архитектуры и градостроительства Белгородской области (рис. 2).



Рис. 1. Карта поселений родовых поместий в РФ

Закон Белгородской области опирается на положения Федерального закона от 7 июля 2003 года № 112-ФЗ «О личном подсобном хозяйстве» и Федерального закона от 11 июня 2003 года № 74-ФЗ «О крестьянском (фермерском) хозяйстве», а также на Экологическую доктрину Российской Федерации, одобренную Распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 года № 1225-р.

Учитывая неординарность данного вопроса и отсутствие прямых норм в федеральном законодательстве в отношении родовых поместий (усадеб), закон Белгородской области по своему содержанию носит «рамочный» характер и определяет основы организации и деятельности родовых поместий и родовых поселений на территории Белгородской области: ведение поместного хозяйства, основные направления деятельности участников поместного хозяйства, порядок учёта и снятие с учёта родовых поместий и родовых поселений, направления государственной поддержки родовых поместий и родовых поселений.

В связи с этим конкретный механизм применения закона Белгородской области о родовых поместьях регулируется подзаконными нормативными документами (рис. 3). Во исполнение закона Белгородской области принято постановление Правительства Белгородской области от 26 июля 2010 № 254-пп «О реализации закона Белгородской области «О родовых

усадеб в Белгородской области», которым конкретизировано применение положений этого закона на практике. В том числе согласован порядок предоставления земельных участков для организации родовых усадеб из земель, принадлежащих АО «Белгородская ипотечная корпорация», так как основная масса участков предоставляется из этих земель, с целевым назначением их использования – для развития личного подсобного хозяйства. Рекомендовано администрациям муниципальных районов и городских округов и АО «Белгородская ипотечная корпорация» в первоочередном порядке осуществлять предоставление участков для организации родовых поместий из земель, расположенных в границах (на территориях) бывших и малонаселённых (до 50 человек) сельских населённых пунктов.

Управлением архитектуры и градостроительства Белгородской области в помощь участникам данного проекта разработаны методические материалы по обустройству родовых поместий и родовых поселений и соблюдению необходимых правил.

ГУП «Белгородский областной фонд поддержки индивидуального жилищного строительства» определён механизм выдачи займов на строительство индивидуального жилого дома и надворных построек при создании родового поместья в соответствии с областной программой индивидуального жилищного строительства.

В муниципальных районах и городских округах Белгородской области созданы также рабочие группы по реализации данного проекта.

Реализация проекта по созданию и развитию родовых поместий направлена на использование в первую очередь территорий малонаселенных и бывших населенных пунктов, что бу-

дет способствовать их возрождению и развитию, а, в конечном счете, более равномерному расселению, повысит эффективность использования данных земельных участков, имеющих, как правило, хороший ландшафт и экологически более благополучных.

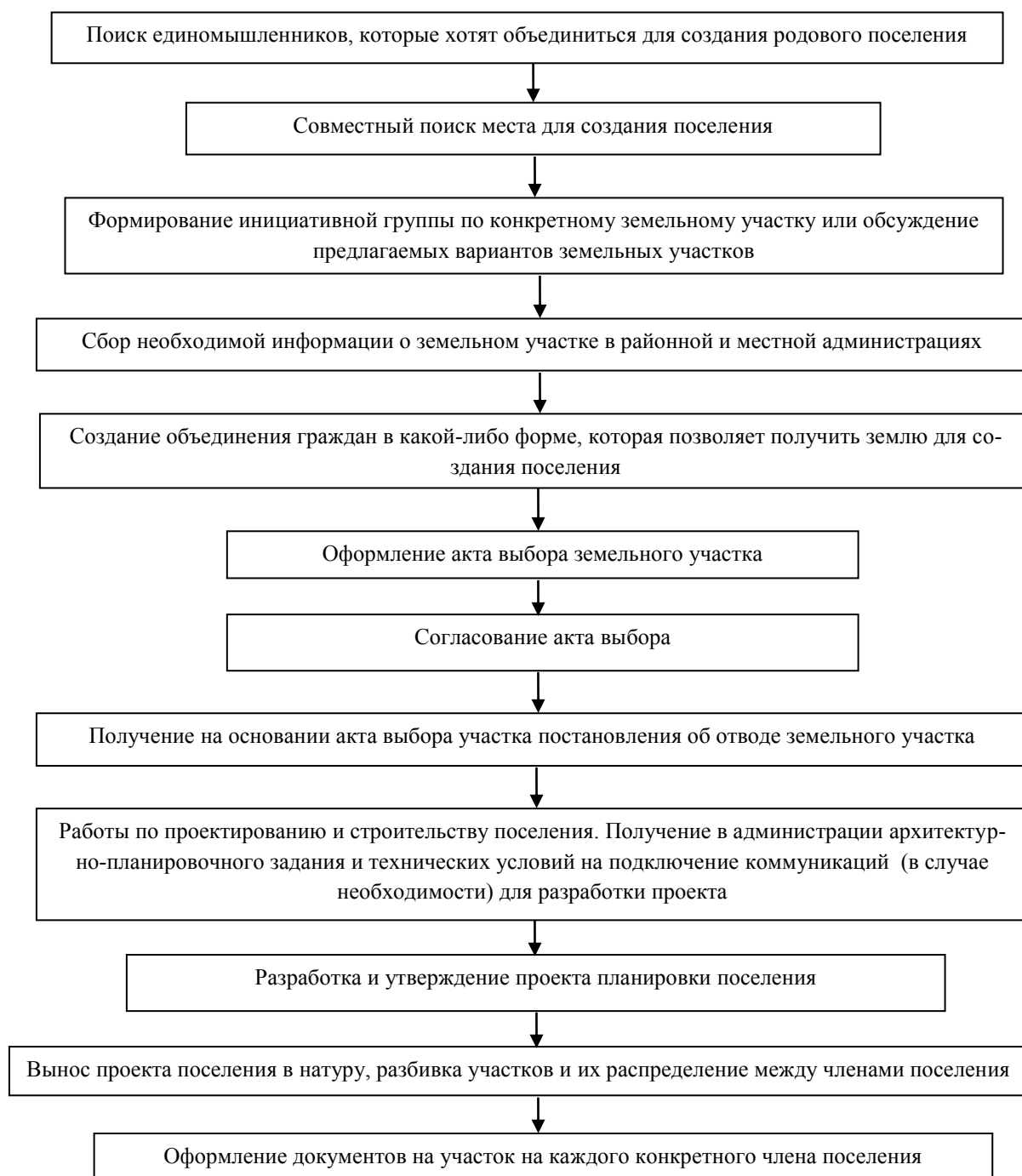


Рис. 2. Общая схема организации родового поселения в Белгородской области

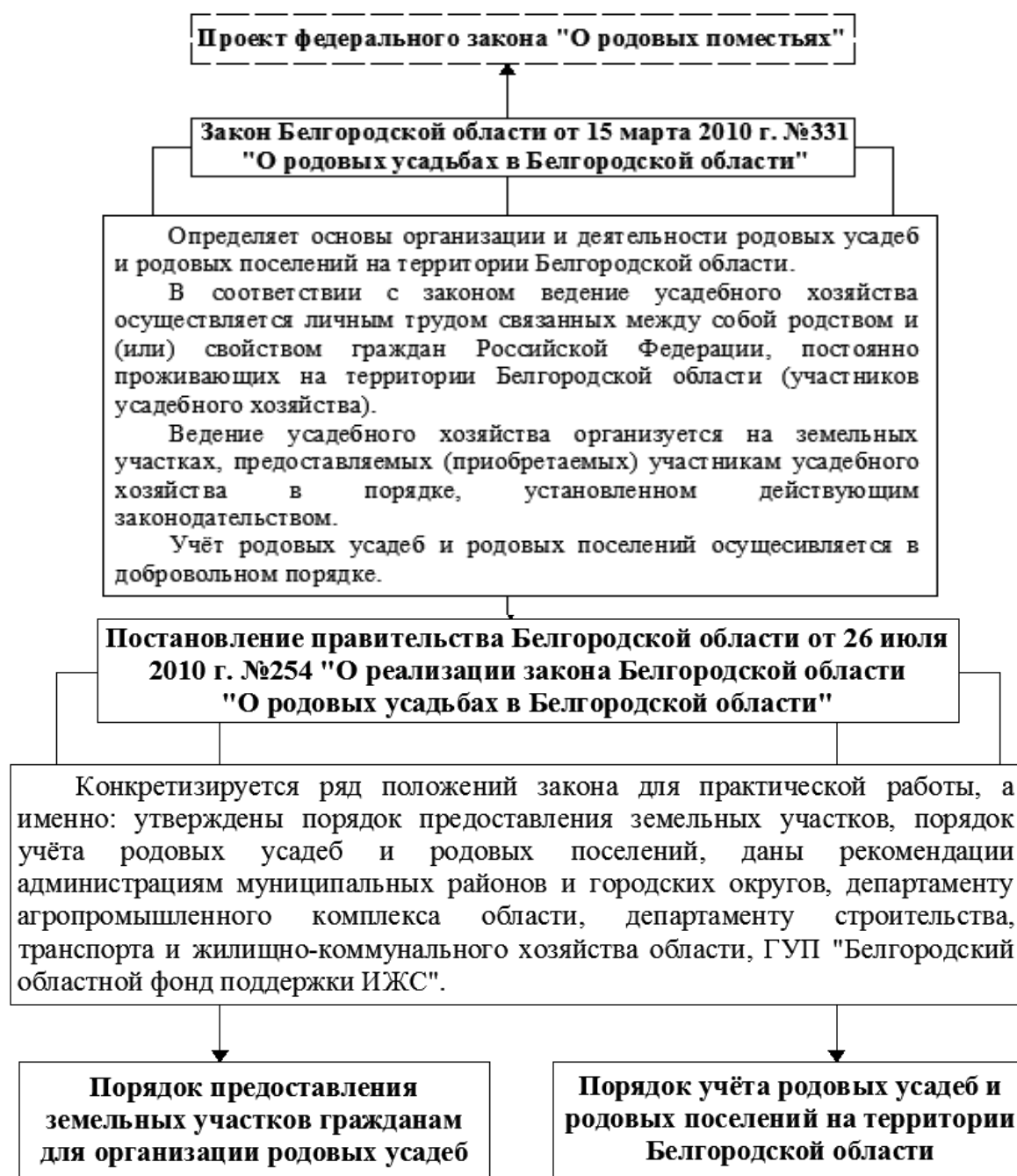


Рис. 3. Нормативно-правовая база реализации проекта в Белгородской области

Основные положения Порядка предоставления земельных участков гражданам для организации родовых поместий сведены нами в таблицу 1.

Данный нормативный акт определяет условия и регламент предоставления земельных участков гражданам для организации родовых поместий, а также состав документации, необходимой для получения земельного участка для организации родового поместья [8].

Таким образом, предоставление земельных участков осуществляется на основании поступившего заявления. Земельные участки предоставляются АО «Белгородская ипотечная корпорация» из земель, принадлежащих ему на праве

собственности, размер участка – не менее 1 га, предоставляется в безвозмездное срочное пользование сроком на 49 лет, решение о предоставлении принимает АО БИК [9]. Алгоритм подачи заявления о предоставлении земельного участка и порядок его рассмотрения приводятся на рис. 4.

Все поступившие в АО «Белгородская ипотечная корпорация» заявления систематизируются по очередности согласно датам их поступления. Предоставление земельных участков осуществляется в порядке сформированной очередности. Решение об отказе в предоставлении земельного участка принимает генеральный директор АО «Белгородская ипотечная корпорация».

ция», о чем в письменной форме извещается гражданин.

Данный Порядок разработан на базе действующего федерального и регионального законодательства, регламентирующего порядок ведения похозяйственного учета [10].

Учет осуществляется на базе организационно-технических возможностей для ведения по-

хозяйственного учета, что не противоречит действующему законодательству. Автоматизация деятельности городских и сельских поселений решает вопрос оперативного получения, позволяет проводить постоянный мониторинг данного вопроса и формировать необходимую статистическую отчетность по данной проблеме.

Таблица 1

Основные положения Порядка предоставления земельных участков гражданам для организации родовых поместий

№ п/п	Основные положения Порядка
1	Для организации родовых поместий предоставляются земельные участки с установленными видами разрешенного использования «для индивидуального жилищного строительства» и(или) «для ведения личного подсобного хозяйства»
2	Местоположение земельных участков для организации родовых поместий определяют органы местного самоуправления муниципальных районов и городских округов на основании утвержденных Правил землепользования и застройки и Схем территориального планирования
3	Земельные участки для организации родовых поместий предоставляются АО «Белгородская ипотечная корпорация» из земель, принадлежащих данному юридическому лицу на праве собственности
4	Для организации родового поместья предоставляется земельный участок площадью не менее 1 га
5	Право на получение земельного участка для организации родового поместья имеют граждане Российской Федерации, постоянно проживающие на территории Белгородской области
6	Земельный участок для организации родового поместья предоставляется в безвозмездное срочное пользование сроком на 49 лет
7	Решение о предоставлении гражданам земельных участков для организации родовых поместий принимает АО «Белгородская ипотечная корпорация» в лице ее полномочного органа управления, на основании рекомендаций комиссий муниципальных районов и городских округов по содействию созданию родовых поместий на территории Белгородской области

Также в соответствии с законом Белгородской области от 15 марта 2010 года № 331 (с изм. от 31.10.2013 № 239) **правительством области были определены меры государственной поддержки участников поместного хозяйства**. В том числе:

- включение мероприятий по инженерному и социальному обустройству населенных пунктов, куда входят родовые поместья, с целью их поддержки при внесении соответствующих изменений в программы и включение этих вопросов в программы последующих лет на муниципальных и областных уровнях;
- через ГУП «Белгородский областной фонд поддержки индивидуального жилищного строительства» выдача займов участникам про-

екта по созданию и развитию родовых поместий на общих основаниях на строительство индивидуального жилого дома и надворных построек в соответствии с областной программой индивидуального жилищного строительства;

- включение населенных пунктов, включающие в себя родовые поместья, в областную целевую программу совершенствования и развития дорожной сети в Белгородской области, а также ландшафтного обустройства и озеленения в рамках проекта «Зеленая столица»;
- включение участников проекта по созданию и развитию на территории Белгородской области родовых поместий, занимающихся выращиванием сельскохозяйственной продукции, в программу «Семейные фермы «Белогорья».

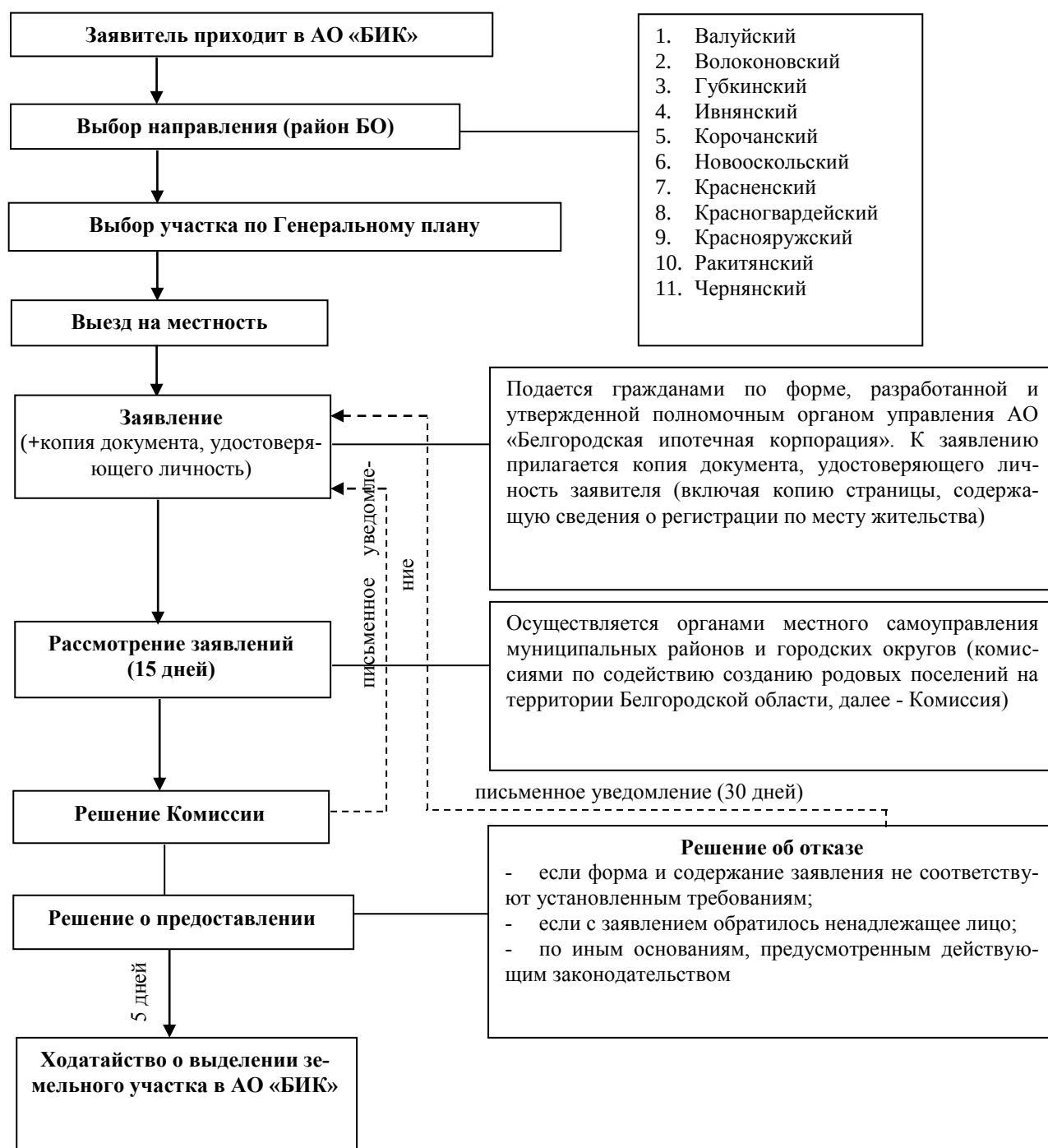


Рис. 4. Схема предоставления заявления и порядка его рассмотрения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Международный портал Звонящие Кедр России // URL: <http://www.anastasia.ru/>
2. Концепция обустройства родовых усадеб и родовых поселений в Белгородской области / URL: <http://www.rodus31.ru/articles/36-poseleniya/73-conseption.html>
3. Что такое Родовые поместья Белгородской области // URL: <http://www.rodus31.ru/zakon/65-zakon.html?showall=1>

4. В Госдуму внесен проект закона «О родовых усадьбах» // URL: <http://news.mail.ru/politics/12931718/?frommail=1>
5. Пояснительная записка к закону Белгородской области «О родовых поместьях в Белгородской области» / Белгородские известия, 19.03.2010 г.
6. Закон Белгородской области от 15.03.2010 № 331 (ред. от 03.05.2011) «О родовых усадьбах в Белгородской области» (принят Белгородской областной Думой)

18.02.2010) // URL:
<http://base.consultant.ru/regbase>

7. Карта поселений родовых поместий:
Файл карты // URL:
<http://www.anastasia.ru/media/gallery2/243/3594/>

8. Порядок предоставления земельных участков гражданам для организации родовых усадеб / Приложение к постановлению правительства области от «26» июля 2010 г. №254-пп (Утвержден решением наблюдательного совета открытого акционерного общества «Белгородская ипотечная корпорация» от 29 мая 2010 года) // URL:
<http://www.belgarant.ru/documents/doc280810-2/>

9. Буринчик А.С. Родовые поместья (усадыбы) Белгородской области/ А.С. Буринчик. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 2127-2131.

10. Порядок учета родовых усадеб и родовых поселений на территории Белгородской области / Приложение к постановлению правительства области от «26» июля 2010 г. № 254-пп (Утвержден постановлением правительства области от 26 июля 2010 г. № 254-пп) // URL:
<http://www.belgarant.ru/documents/doc280810-2/>

Sarukhanova E.A., Shirina N.V.

THE EFFICIENT USE OF THE BELGOROD REGION LAND RESOURCES BY MEANS OF ORGANIZING KINDRED ESTATES (PART 1)

The article deals with the new approach to solving various problems of human society and state by means of creating a new type of residential areas – ecological settlements, and transforming the existing settlements to ecological ones by organizing “kindred estates” on the lands of abandoned and sparsely populated rural settlements.

Key words: land resources, kindred estates, account, territories inventory.

Ширина Наталья Владимировна, кандидат технологических наук, 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: schnv02@mail.ru

Саруханова Елизавета Артуровна, магистрант кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: elizaveta.sarukhanova@yandex.ru

Растворцева С.Н. д-р экон. наук, проф.,
Усманов Д.И., канд. экон. наук, ст. препод.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ВКЛЮЧЕННОСТИ РОССИИ В ГЛОБАЛИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ (ЧАСТЬ 1)

rastvortseva@bsu.edu.ru

В статье затрагиваются ключевые направления процессов глобализации с точки зрения положений международной торговли и институциональных подходов взаимовыгодного делового сотрудничества. Основной фокус внимания направлен на подробный анализ степени включенности России в международные торговые отношения по показателям структуры экспорта и импорта (машинное оборудование, ядерные реакторы, паровые котлы, электрическое и электронное оборудование, пластик и изделия из него, оптические, технические и медицинские аппараты, химические продукты, натуральные химикаты, железо и сталь, руда, шлак, зола и др.) с основными торговыми партнерами в рамках экономических союзов и объединений.

Ключевые слова: глобализационные процессы, институциональные структуры, экономические союзы, интеграционные объединения, степень включенности.

Глобализационные процессы, происходящие в мировой экономике, затрагивают развитие российских регионов через международную торговлю (товарами и услугами), миграцию трудовых ресурсов, валютно-кредитные отношения, инвестиционную деятельность, диффузию технологий производства и современных методов

управления и международные интеграционные процессы. Рассмотрим более подробно включенность России в международные торговые отношения по показателям структуры экспорта и импорта России со странами – основными торговыми партнерами (рис. 1).

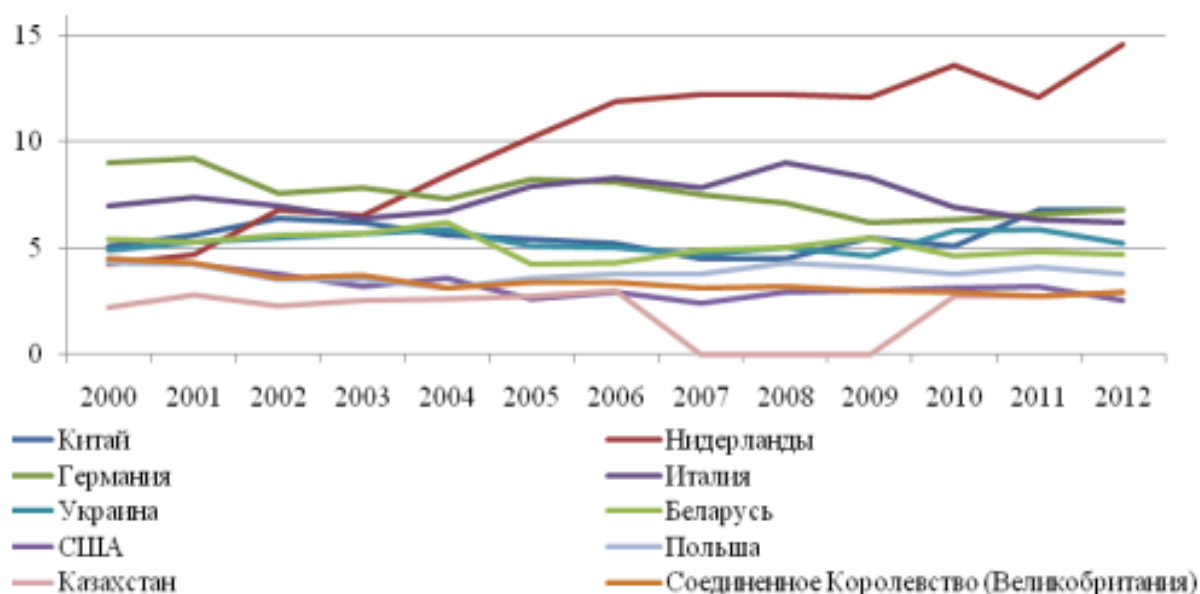


Рис. 1. Динамика структуры экспорта Российской Федерации по странам – основным торговым партнерам в 2000 – 2012 гг., %

Как показано на рисунке, наибольшая доля экспорта России приходится на Нидерланды, причем данный показатель имеет устойчивую тенденцию роста (с 4,2 % в 2000 году до 14,6 % в 2012 году). К числу ведущих импортеров российского экспорта можно также отнести Китай (его доля в экспорте РФ в 2012 году составила

6,8 %), Германию (6,8 %), Италию (6,2 %). Из стран СНГ наиболее тесное торговое сотрудничество имеет место с Беларуссией и Украиной (4,7 % и 5,2 % в 2012 году соответственно). Рассмотрим импорт Российской Федерации по странам – партнерам (рис. 2).

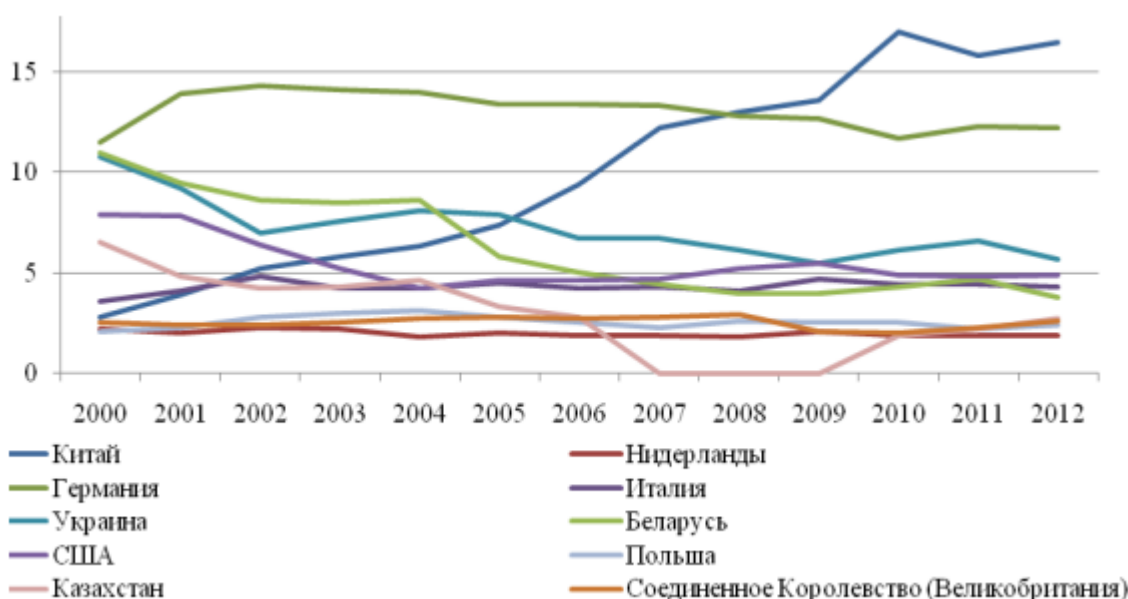


Рис. 2. Динамика структуры импорта Российской Федерации по странам – основным торговым партнерам в 2000 – 2012 гг.

Основными странами-экспортерами в Россию являются Китай и Германия. Их доли в российском импорте составляли в 2012 году 16,5 % и 12,2 % соответственно. Причем, если доля Китая в торговле с Россией ежегодно увеличивается (в 2000 году она составляла всего 2,8 %), то доля Германии сохраняется на стабильно высоком уровне (11,5 % – 14,3 % за анализируемый период).

Проведем анализ степени интенсивности экономического сотрудничества в рамках интеграционных группировок, членом которых является Россия. Для этой цели мы предлагаем реализовать авторскую методику оценки. Разделим показатели на три группы: динамики, степени включенности и интенсивности торговли.

Показатели первой группы (динамики) с первого по третий отражают динамику экспорта, импорта и внешнеторгового оборота России и рассчитываются, как темп прироста объемов экспорта (импорта / внешнеторгового оборота соответственно) относительно предыдущего года.

Показатели с четвертого по шестой отражают динамику экспорта и импорта внешней торговли интеграционного объединения и рассчитываются, как темп прироста объемов экспорта (импорта / внешнеторгового оборота соответственно) относительно предыдущего года.

Помимо перечисленных показателей динамики при анализе торговых отношений России в рамках интеграционных объединений важно проанализировать изменения экспорта России в страны интеграционного объединения (показатель 7), российского импорта из стран объединения (показатель 8) и общий объем торговли со

странами объединения (показатель 9). Все показатели рассчитываются, как темп прироста относительно предыдущего года.

Для возможности сопоставления результатов анализа с общемировой динамикой рассчитаем темпы прироста мировой торговли. В качестве показателя мировой торговли мы условимся брать объем мирового экспорта (показатель 10).

Во вторую группу входят показатели степени включенности России в интеграционное объединение: доли интеграционного объединения в торговле России, доли интеграционного объединения в международной торговле. Рассмотрим эти показатели более подробно.

Показатель 11 – «Доля интеграционного объединения в экспорте России» (X_{sh}):

$$X_{sh} = \frac{x_{ij}}{x_{iw}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где x_{ij} – экспорт страны i (России) в интеграционное объединение j ; x_{iw} – экспорт страны i (России) всего.

Показатель 12 – «Доля интеграционного объединения в импорте России» (m_{sh}):

$$m_{sh} = \frac{m_{ij}}{m_{iw}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где m_{ij} – импорт страны i (России) из страны интеграционного объединения j ; m_{iw} – импорт страны i (России) всего.

Показатель 13 – «Доля интеграционного объединения в общем объеме торговли России» (T_{sh}):

$$T_{sh} = \frac{T_{ij}}{T_{iw}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где T_{ij} – объем торговли страны i (России) со странами интеграционного объединения j ; T_{iw} – объем торговли страны i (России) всего.

Показатель 14 – «Доля экспорта России в экспорте интеграционного объединения» (RX_{sh}):

$$RX_{sh} = \frac{x_{ij}}{m_{wj}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где x_{ij} – экспорт страны i (России) в интеграционное объединение j ; m_{wj} – объем мирового импорта из стран интеграционного объединения (экспорт стран интеграционного объединения).

Показатель 15 – «Доля импорта России в импорте интеграционного объединения» (RM_{sh}):

$$RM_{sh} = \frac{m_{ij}}{x_{wj}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где m_{ij} – импорт страны i (России) из страны интеграционного объединения j ; x_{wj} – объем мирового экспорта в страны интеграционного объединения j (импорт стран интеграционного объединения).

Показатель 16 – «Доля внешней торговли России в торговле интеграционного объединения» (RT_{sh}):

$$RT_{sh} = \frac{T_{ij}}{T_{wj}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

Чем выше показатели 14 – 16, тем более высокий уровень торговых отношений страны в интеграционном объединении. Показатели 17 и 18 характеризуют степень включенности интеграционного объединения в мировой экспорт или импорт.

Показатель 17 – «Доля стран интеграционного объединения в мировом экспорте» (X_{shj}):

$$X_{shj} = \frac{m_{ij}}{x_{ww}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где x_{ww} – мировой экспорт.

Показатель 18 – «Доля стран интеграционного объединения в мировом импорте» (M_{shj}):

$$M_{shj} = \frac{x_{ij}}{m_{ww}} \cdot 100\% \quad (8)$$

Третья группа показателей (19 – 22) отражает степень интенсивности торговых отношений страны (России) в интеграционном объединении.

Показатель 19 – «Индекс интенсивности экспорта – отношение доли стран в общем экс-

порте объединения и доли объединения в мировом экспорте» (IX_{ij}):

$$IX_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{iw}} \div \frac{x_{wj}}{x_{ww}} \quad (9)$$

Значение индекса выше единицы свидетельствует о высокой значимости интеграционного объединения для экспорта страны. Торговые потоки между странами увеличиваются соответственно росту значимости интеграционного объединения в мировой торговле.

Показатель 20 – «Индекс интенсивности импорта» (IM_{ij}):

$$IM_{ij} = \frac{m_{ij}}{m_{iw}} \div \frac{m_{wj}}{m_{ww}} \quad (10)$$

Показатель 21 – «Индекс интенсивности торговли общий» (IT_{ij}):

$$IT_{ij} = \frac{t_{ij}}{T_{iw}} \div \frac{t_{wj}}{T_{ww}}, \quad (11)$$

где t_{wj} – общий объем торговли (экспорта и импорта) интеграционного объединения j ; T_{ww} – мировой экспорт плюс мировой импорт.

Общий объем торговли – сумма экспорта и импорта страны со странами интеграционного объединения.

Показатель 22 – «Индекс интенсивности межстрановой торговли»

(IIT_{ij}):

$$IIT_{ij} = \frac{t_{ij}}{T_{iw}} \div \frac{T_{iw}}{T_{ww}} \quad (12)$$

Индекс интенсивности определяет соответствие торговли страны в рамках интеграционного объединения в международной торговле.

Проведем оценку интенсивности торговых отношений России в последовательности уменьшения объема экспорта России в интеграционное объединение в 2012 году:

– со странами АТЭС (91 490 918 тыс. долл. США);

– со странами СНГ (61 308 291 тыс. долл. США);

– со странами ОЧЭС (46 585 849 тыс. долл. США);

– со странами БРИКС (45 917 135 тыс. долл. США) и БРИК (45 638 390

тыс. долл. США);

– со странами ЕвразЭС (41 958 тыс. долл. США);

– в рамках Союзного государства России и Белоруссии (41 958 тыс. долл. США).

Отметим, в первую очередь, что динамика международной торговли за 2001 – 2012 гг. была незначительной: темпы прироста составили в

среднем 11 % в год. Объем внешней торговли России за анализируемый период имел нестабильную динамику (от снижения на 35,7 % в 2009 г. до роста на 34,64 % в 2004 г.), при этом средний темп прироста составил 19,83 %.

Форум АТЭС является одной из наиболее крупных интеграционных группировок в мире, в число которой входит 21 страна, в том числе и Россия. Основными целями Форума АТЭС обозначены развитие и укрепление многосторонней торговой системы, увеличение взаимозависимости и благосостояния стран-участниц, содействие устойчивому экономическому росту. Мы видим, что деятельность Форума направлена на либерализацию торговли: средний уровень таможенных тарифов снизился с 16,9 % (1989 год) до 5,7 % (2011 год).

Численность стран АТЭС составляет 2,8 млрд. человек, на долю стран-членов Форума приходится 54 % мирового ВВП и 44 % международной торговли (в 2013 году) [1].

Проведенный анализ за 2002 – 2012 годы показал (табл. 1), что в среднем доля стран АТЭС составляла в мировом экспорте 45,94%, а в мировом импорте – 47,33%. При этом, надо отметить рост этих показателей – к 2012 году они составили 48,4 % и 50,01 % соответственно. Ежегодные темпы прироста объемов торговли стран Форума за период в среднем составили 11,29 % (11,39 % по экспорту и 11,20 по импорту), имея значительный спад на 23,54 % в период кризиса 2009 года и крайне сдержанный рост в 2012 году (2,56 %).

Таблица 1

Динамика основных показателей интенсивности торговых отношений России со странами АТЭС в 2002 - 2012 гг.,%

Показатель	2002	2010	2011	2012
1	2	3	4	5
Динамика экспорта России	6,83	31,57	30,20	1,50
Динамика импорта России	10,30	34,00	33,72	3,30
Динамика внешней торговли	7,86	32,45	31,49	2,17
Динамика экспорта стран АТЭС	3,01	28,27	17,63	2,80
Динамика импорта стран АТЭС	3,84	28,83	19,93	3,85
Динамика внешней торговли стран АТЭС	3,44	28,55	18,79	3,34
Динамика экспорта России в страны АТЭС	7,75	44,37	37,98	1,78
Динамика импорта России из стран АТЭС	13,34	47,35	32,61	7,97
Динамика внешней торговли России со странами АТЭС	9,65	45,96	35,08	5,06
Динамика международной торговли	4,39	21,74	19,73	-0,31
Доля стран АТЭС в экспорте России	15,27	16,41	17,39	17,43
Доля стран АТЭС в импорте России	19,08	33,40	33,12	34,62
Доля стран АТЭС в торговле России	16,42	22,62	23,24	23,90
Доля экспорта России в экспорте стран АТЭС	3,61	5,49	6,08	6,00
Доля импорта России в импорте стран АТЭС	1,44	3,12	3,48	3,46
Доля внешней торговли России в торговле стран АТЭС	2,48	4,30	4,75	4,70
Доля стран АТЭС в мировом экспорте	46,05	48,03	47,23	48,40
Доля стран АТЭС в мировом импорте	48,67	47,92	48,00	50,01
Индекс интенсивности экспорта	0,31	0,34	0,36	0,34
Индекс интенсивности импорта	0,43	0,71	0,71	0,72
Индекс интенсивности торговли общий	0,347	0,471	0,488	0,486
Индекс интенсивности межстрановой торговли	13,976	10,975	10,263	10,329

Для России страны АТЭС выступают скорее поставщиком, нежели покупателем. Доля стран АТЭС в российском импорте составляет в среднем 27,49 %, а в экспорте – 14,57 % (оба показателя имеют устойчивую тенденцию роста). В самом же интеграционном объединении роль России незначительна: ее доля в экспорте АТЭС в среднем составляет 5,12 %, в импорте – 2,52 %. О незначительном уровне сотрудничества свидетельствует и низкие коэффициенты интенсивности экспорта, импорта и внешней торговли.

Динамика индекса интенсивности межстрановой торговли показывает, что данное интеграционное объединение является значимым для российской экономики (индекс в 2001 году составлял 14,169, в 2012 году – 10,329).

Считаем целесообразным проанализировать товарную структуру торговли России со странами АТЭС (табл. 2).

В таблице представлены только те товарные группы, доля которых в общем объеме экспорта/импорта в среднем за анализируемый период превышает 1%.

Таблица 2

Товарная структура торговли России со странами АТЭС в 2010 - 2012 гг. *
(доля товарной группы в общем объеме экспорта / импорта),%

Продукт	Импорт				Экспорт			
	2010 год	2011 год	2012 год	Сред- няя	2010 год	2011 год	2012 год	Сред- няя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Все продукты	100	100	100	100	100	100	100	100
Электрическое и электронное оборудование	20,71	20,83	20,46	20,67	1,70	1,07	1,47	1,41
Машинное оборудование, ядерные реакторы, паровые котлы	18,83	16,29	16,64	17,25	0,61	0,64	0,64	0,63
Растительные и животные жиры и масла, продукты разложения	13,45	16,27	17,47	15,73	0,23	0,07	0,05	0,12
Каучук и изделия из него	3,50	3,36	3,83	3,56	0,37	0,25	0,23	0,29
Транспорт (кроме ж/д и трамвайных линий)	3,46	3,37	3,21	3,35	0,71	0,49	0,30	0,50
Обувь, чулочно-носочные изделия и т.п.	4,11	3,16	2,82	3,36	0,00	0,00	0,00	0,00
Одежда и аксессуары (не вязаные)	2,66	2,69	2,53	2,63	0,40	0,37	0,44	0,40
Чай, кофе, специи	1,72	2,09	2,26	2,02	0,87	0,67	0,65	0,73
Пластик и изделия из него	2,46	2,12	1,81	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Оптические, технические, медицинские и фото аппараты	1,80	1,59	1,71	1,70	0,00	0,01	0,00	0,00
Рыба, ракообразные, моллюски	1,83	1,71	1,59	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00
Мебель, осветительная аппаратура, фабричные строения	1,57	1,53	1,70	1,60	0,04	0,04	0,02	0,04
Съедобные фрукты, орехи, кожура цитрусовых, дыни, арбузы	1,07	0,91	0,90	0,96	0,03	0,02	0,03	0,03
Овощи, фрукты, орехи (готовые продукты)	1,64	1,69	1,27	1,54	6,42	4,60	4,87	5,30
Какао и какао продукты	0,98	1,01	0,94	0,98	1,42	1,36	0,97	1,25
Изделия из железа и стали	1,05	0,95	0,90	0,97	3,14	2,58	2,07	2,60
Жемчуг, драгоценные камни, металлы и монеты	0,85	0,81	0,82	0,83	0,04	0,02	0,02	0,03
Химические продукты	0,81	0,72	0,64	0,72	2,94	2,29	2,41	2,55
Натуральные химикаты	1,50	1,59	1,86	1,65	0,02	0,01	0,01	0,01
Железо и сталь	0,19	2,27	0,39	0,95	1,14	0,67	0,48	0,77
Изделия из кожи, снаряжение, товары для путешествия	0,47	0,49	0,51	0,49	4,56	3,53	3,52	3,87
Руда, шлак, зола	0,32	0,10	0,32	0,24	1,02	0,04	2,24	1,10
Мясо	0,63	0,79	0,55	0,66	60,82	67,59	66,21	64,87
Мыло, смазочные материалы, свечи, воск	0,33	0,33	0,34	0,33	4,26	3,59	3,04	3,63
Осветленные или пропитанные текстильные материалы	0,03	0,04	0,04	0,04	1,14	1,05	0,88	1,02
Пух, перо, искусственные цветы, парики	0,03	0,05	0,07	0,05	1,61	3,07	2,32	2,33
Древесная масса (опилки), целлюлозные материалы	0,00	0,00	0,00	0,00	3,73	3,97	4,15	3,95

*Таблица рассчитана по Bilateral trade between Russian Federation and Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) // International Trade Centre: Trade map. Trade statistics for inter-national business development. – URL: <http://www.trademap.org>

Как видно из таблицы, более половины экспорта России в страны АТЭС составляет мясная продукция (67,59 % и 66,21 % в 2011 и 2012 соответственно), в то время как их импорт осуществляется в крайне небольших размерах (0,30-0,39 %). Далее следуют овощи, фрукты, орехи (6,42 % и 4,87 % в 2010 и 2012 гг.), но в то же время импорт данного вида товара Россией в целом производится в низких размерах (1,27 – 1,69 %). Помимо этого существенную долю российского экспорта в страны АТЭС составляют изделия из кожи, снаряжения, товары для путешествий (в пределах 3,52%). Большую часть

импорта России в период с 2010–2012 гг. электрическое и электронное оборудование (в среднем 20,67 %) и значительно превышает объемы экспортных поставок в страны АТЭС. В общем виде можно сказать, что импорт России за 2012 год составляют преимущественно машинное оборудование, ядерные реакторы и паровые котлы (17,25 %), растительные и животные жиры и масла, продукты разложения (15,73 %), обувь и чулочно-носочные изделия (3,36 %), транспорт (кроме ж/д и трамвайных линий) (3,35 %) и др.

Таким образом, проводя анализ степени включенности России в глобализационные процессы, мы определили: базовые векторы геоэкономических процессов; степень интенсивности экономического сотрудничества в рамках интеграционных группировок, членом которых является Россия; разработали авторскую методику оценки, включающую три группы показателей: динамики, степени включенности и интенсивности торговли, а также определили экспортные и импортные приоритеты России в мировой торговле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. APEC at a Glance. APEC Secretariat. – Singapore, 2013.
2. Bilateral trade between Russian Federation and Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) // International Trade Centre: Trade map. Trade statistics for international business development. – URL: <http://www.trademap.org>.
3. Bilateral trade between Russian Federation and Black Sea Economic Cooperation Zone (BSEC) // International Trade Centre: Trade map. Trade statistics for international business development. – URL: <http://www.trademap.org>.
4. Bilateral trade between Russian Federation and Commonwealth of Independent States (CIS) // International Trade Centre: Trade map. Trade statistics for international business development. – URL: <http://www.trademap.org>.
5. Trade map. Trade statistics for international business development. International Trade Centre. – URL: www.trademap.org.
6. Рогатных Е. Б. Эволюция современной системы многостороннего межправительственного сотрудничества и место БРИКС в этой системе // Российский внешнеэкономический вестник. 2013. № 7. С. 3–18.
7. Этеквинская декларация и Этеквинский план действий. 27 марта 2012 года [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://президент.рф/ref_notes/1430. – Загл. с экрана (дата обращения 15.02.2016).

Rastvortseva S.N., Usmanov D.I.

ANALYSIS OF THE DEGREE OF RUSSIA INCLUSION IN GLOBALIZATION PROCESSES (Part 1)

The article addresses the key areas of globalization in terms of the provisions of international trade and institutional approaches of mutually beneficial business cooperation. The main focus of attention is directed to a detailed analysis of the degree of Russia's involvement in international trade relations in terms of exports and imports (machinery, nuclear reactors, boilers, electrical and electronic equipment, plastics and articles thereof, optical, technical and medical vehicles, chemical products, organic chemicals, iron and steel, ores, slag, ash, etc.) with major trading partners in the framework of economic unions and associations.

Key words: globalization processes, institutional structures, economic unions, integration associations, the degree of involvement.

Растворцева Светлана Николаевна, доктор экономических наук, профессор, зав. научно-исследовательской лабораторией международной торговли и новой экономической географии, профессор кафедры мировой экономики.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

E-mail: rastvortseva@bsu.edu.ru

Усманов Далер Ирматович, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

E-mail: us.dali@mail.ru, usmanov@bsu.edu.ru

Научное издание

«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 11, 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 10.10.16. Подписано в печать 10.11.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 28,71. Уч.-изд. л. 30,87.

Тираж 1000 экз. Заказ 336. 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