

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. ШУХОВА

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

№ 1, 2018 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:

Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.;

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

Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.; Благоевич Деян, PhD, проф.;

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

Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.; Братан С.М., д-р техн. наук, проф.;

Везенцев А.И., д-р техн. наук, проф.; Глаголев С.Н., д-р экон. наук, проф.;

Гридчин А.М., д-р техн. наук, проф.; Давидюк А.Н., д-р техн. наук;

Дорошенко Ю.А., д-р экон. наук, проф.; Дуюн Т.А., д-р техн. наук, проф.;

Ерофеев В.Т., академик РААСН, д-р техн. наук, проф.;

Козлов А.М., д-р техн. наук, проф.;

Леонович С.Н., иностранный член академик РААСН, д-р техн. наук, проф.;

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

Мещерин В.С., д-р техн. наук, проф.;

Меркулов С.И., член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф.;

Павленко В.И., д-р техн. наук, проф.; Павлович Ненад, PhD;

Пивинский Ю.Е., д-р техн. наук, проф.; Соболев К.Г., Ph. D., доц.;

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.; Тарасова Е.Е., д-р экон. наук, проф.;

Фишер Ханс-Бертрам, н. с.; Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.

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



CONSTRUCTION

THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

XXI Международная научная конференция «СТРОИТЕЛЬСТВО – ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

www.form2018.org

25 – 27 апреля 2018 г. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет проводит XXI Международную научную конференцию «Строительство – формирование среды жизнедеятельности».

Доклады участников Конференции будут опубликованы в журнале «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering», индексируемом в международных базах Scopus, EI Compindex и Inspec.

Рабочий язык Конференции: английский.

Формат участия: очный с презентацией или постерным докладом.

Научные направления:

- Концепция Smart city
- Надежность зданий и сооружений
- Современные строительные материалы
- Новые технологии строительства
- Безопасность в строительстве.

Ключевые даты:

- до **24 января 2018 г.** - прием полнотекстовых статей на английском языке
- до **14 февраля 2018 г.** - рецензирование полнотекстовых статей Научным комитетом
- до **28 февраля 2018 г.** - прием окончательных редакций статей
- до **28 марта 2018 г.** - крайний срок льготной оплаты регистрационного взноса (€150/10 000 руб.)
- до **11 апреля 2018 г.** - оплата регистрационного взноса (€200/13 500 руб.)
- **25 -27 апреля 2018г.** - Конференция.

Для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных (до 25 лет) в рамках Конференции состоится семинар «МОЛОДЁЖНЫЕ ИННОВАЦИИ» (с публикацией РИНЦ).

Рабочие языки семинара: русский, английский.

Форма участия: очная и заочная в формате постерного доклада.

Ключевые даты:

- до 10 марта 2018 г - прием докладов.
- до 28 марта 2018 г. - оплата регистрационного взноса.

Регистрационный взнос за участие в Семинаре составляет €30/2000 руб.

КОНКУРС для молодых ученых

Для очных участников Семинара будет организован **Конкурс**, победители которого, будут награждены памятными подарками и дипломами победителей и призеров Конкурса.

Дополнительную информацию по Конференции и Семинару можно получить в Управлении научной политики НИУ МГСУ. Контактное лицо: Молчанова Ирина Петровна +7 (495) 287-4914 (вн.2673), MolchanovaIP@mgsu.ru.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ивашенко Ю.Г., Фомина Н.Н., Исмагилов А.Р. АНАЛИЗ СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ КАК СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ КРАСОК СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	6
Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Нелюбова В.В. ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННАЯ АЛЮМОСИЛИКАТНАЯ ВЯЖУЩАЯ СУСПЕНЗИЯ ИЗ ГРАНОДИОРИТА	12
Логанина В.И., Фролов М.В., Рябов М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ШТУКАТУРНЫХ ПОКРЫТИЯХ	19
Денисова Ю.В. ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ ВИБРОПРЕССОВАННЫХ КАМНЕЙ БЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ	24
Подольский В.П., Лобода А.В., Аль Аддесс М.Х. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫНОСА ЧАСТИЦ БИТУМА ИЗ ВЕРХНЕГО СЛОЯ КОЛЕСАМИ ТРАНСПОРТА	35
Жариков И.С., Давиденко П.В. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ	42
Борисюк Е.А., Борошенко С.А. РОЛЬ ФИКСАТОРОВ АРМАТУРЫ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА	49
Уварова Н.Б., Парамонов Е.Е. ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЁННЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ К РАСЧЁТУ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ НА ЛОКАЛЬНЫЕ И РАЗРЫВНЫЕ НАГРУЗКИ	56
Храбатина Н.В., Пусный Л.А., Дубино А.М. ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕГАПОЛИСОВ	61
Мальцева Е.В., Никифоров Ю.А. РОЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК В СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ	66

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Барбаниягрэ В.Д., Стронин А.А. ВЛИЯНИЕ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛИНКЕРА АССОРТИМЕНТА МЕЛЮЩИХ ТЕЛ И ИНТЕНСИФИКАТОРА ПОМОЛА	71
Шошин Е.А., Поляков А.В. СОСТАВ И СТРУКТУРА ГИДРОСИЛИКАТОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ ИЗ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО САХАРОЗОЙ	76
Минько Н.И., Калатози В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОБОЯ В ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	82

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Погонин А.А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ОТКЛОНЕНИЙ КОРПУСА ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧИ НА ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	89
Пчёлкин В.М., Дуюн Т.А. ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН С МНОГОСЛОЙНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТОЧЕНИЯ ЖАРОПРОЧНОЙ СТАЛИ	94

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Карамышев А.Н. МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ О МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ	101
---	-----

Парфенова Е.Н., Авилова Ж.Н. НЕОБХОДИМОСТЬ ПОРТФЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	106
Сборщиков С.Б., Лейбман Д.М. СВЯЗИ В СИСТЕМЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛИНГА КАК ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА КОРПОРАТИВНОМ УРОВНЕ	111
Прядко С.Н., Винник А.Е. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ВУЗОВ	117
Бекренев И.В. КОНКРЕТИЗАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ ПРИ АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ ПО ДОБЫЧЕ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	121

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI:10.12737/article_5a5dbd2d492241.03354026

Иващенко Ю.Г., д-р техн. наук, проф.,
Фомина Н.Н., канд. техн. наук, доц.,
Исмаилов А.Р., аспирант

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

АНАЛИЗ СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ КАК СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ КРАСОК СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

fominanani@yandex.ru

В представленной работе проведен сравнительный анализ стирол-акриловых связующих для водно-дисперсионных лакокрасочных материалов строительного назначения. В статье отображены преимущества водных дисперсий полимеров, а также свойства связующего, получаемые при сополимеризации акриловых мономеров со стиролом. Проведен аналитический обзор рынка водных дисперсий, отмечены наиболее востребованные отечественные и импортные производители. Исследованные стирол-акриловые дисперсии имеют близкий комплекс технических характеристик. При помощи инфракрасной спектроскопии установлено повышенное содержание акриловых звеньев в сополимере дисперсии Orgal, что указывает на целесообразность использования этой дисперсии в фасадных красках. Рассмотрены проблемы пеногашения при составлении рецептур, предложены критерии оценки качества пеногасителей. Проанализированы классификация пеногасящих систем и характерные особенности действия пеногасителей в ВД ЛКМ. Приведены результаты исследований, разработаны рекомендации по их использованию в составах строительных красок. Установлена эффективность пеногасителя ВУК037 в композициях на основе дисперсии Акрилан.

Ключевые слова: лакокрасочный материал, водные дисперсии полимеров, акрилаты, стирол, ИК-спектры, пенообразование, пеногаситель.

Общеизвестной мировой тенденцией при разработке лакокрасочных материалов (ЛКМ) строительного назначения считается переход от органорастворимых к более экологически безопасным водным системам. Преобладающим типом связующих для таких систем являются водные дисперсии полимеров, отличающиеся от органорастворимых связующих пожаробезопасностью, экологичностью, а от связующих на основе синтетических масел – высоким качеством и долговечностью образуемого покрытия. В достаточно сложной современной экономической ситуации зачастую выбор связующего основывается на его цене, и одной из основных задач при составлении рецептур водно-дисперсионных (ВД) ЛКМ является выбор качественного и доступного полимерного связующего [1, 2].

Наибольшее применение в производстве ВД ЛКМ строительного назначения получили акриловые и стирол-акриловые дисперсии. В последние годы расширяется производство таких дисперсий не только за рубежом, но и в России, в основном, за счет размещения на территории РФ своих мощностей компанией DOW (предприятие ФИННДИСП, г. Раменское), а также в связи с наращиванием мощностей предприятиями «Хома» (г. Дзержинск), ООО «Акрилан» (г. Владимир). В результате, российские производители ВД ЛКМ используют большей частью дисперсии

отечественного производства (порядка 60 %). Дисперсии импортного производства (Finndisp производства Forcít, Финляндия; Acronal производства BASF, Германия; Rhodopas производства Rhodia, Франция; Orgal производства ORGANIK KIMYA, Турция; Agacril производства Argon, Турция) также достаточно востребованы [3, 4].

Акриловые мономеры открывают возможности для получения полимеров и сополимеров с заданной жесткостью, гибкостью и твердостью. При сополимеризации «мягких» мономеров с низким значением температуры стеклования $T_{ст}$ (бутил- и этилгексилакрилат) с «твердыми» мономерами с высокой $T_{ст}$ (бутил- и метилметакрилат) возможно получать сополимеры с $T_{ст}$ в интервале от 0 до 40 °C [5, 6]. Кроме того, сополимеризация, например, со стиролом, позволяет повысить устойчивость к воздействию химически активных веществ, улучшает смачиваемость пигмента и адгезию покрытия к подложке, а также снижает стоимость дисперсии [7]. Следует учитывать, что высокое содержание стирола в составе сополимера может снизить атмосферостойкость, устойчивость к УФ-облучению и привести к изменению показателей цвета покрытия [8, 9].

Представленная работа нацелена на сравнительный анализ стирол-акриловых связующих для ВД ЛКМ различного функционального

назначения и разработку рекомендаций по их использованию в составах строительных красок. Характеристики исследуемых дисперсий по данным производителей и фактические представлены в табл. 1.

Приведенные данные указывают на полное соответствие заявленных производителями технических характеристик фактически полученным результатам по вязкости, содержанию нелетучих компонентов, величине водородного показателя. Указанная производителями минимальная температура пленкообразования (МТП) дисперсий свидетельствует о необходимости использования в рецептуре ЛКМ на их основе коалесцентов, способствующих ускорению процесса пленкообразования.

Исследовался внешний вид получаемых из дисперсий покрытий при нанесении их на стеклянную подложку (рис. 1) в соответствии с ГОСТ 9.407-84. Установлено, что все дисперсии достаточно быстро образуют покрытие. Выявились специфические особенности: на покрытия на основе дисперсии Новопол наблюдается сетка трещин, что указывает на внутренние напряжения, возникшие при пленкообразовании. Покрытие на основе дисперсии Orgal бездефектное, но менее прозрачное. На покрытия на основе дисперсии Акрилан наблюдаются дефекты в виде мелких пузырьков, что указывает на повышенное пенообразование в дисперсии и необходимость введения в состав композиции на основе этой дисперсии пеногасителей [10].

Таблица 1

Характеристика стирол-акриловых дисперсий

Наименование показателя	Дисперсии		
	Акрилан 101, производство ООО «Акрилан»	Новопол 110, производство ООО «Компания Хома»	Orgal PST50, производство ORGANIK KIMYA
Компонентный состав, по данным производителя	анионная дисперсия сополимера бутилового эфира акриловой кислоты и стирола, не содержащая пластификаторов	дисперсия стирол-акрилового сополимера, не содержащая пластификаторов	дисперсия сополимера на основе акрилового эфира и стирола, не со- держащая АРЕО (алкил-фенол-этоксила- тов)
Содержание нелетучих веществ, масс. %: – по данным производителя – фактически	50 ±1 49,43	50 ±1 49,32	50 ±1 49,71
Вязкость: – по данным производителя – фактически (по ВЗ-4)	по DIN 53019, ISO 3219 (2/60)=200–1000 мПа·с 32,7 с	по ГОСТ 25271 (А/2/20)=800–1500 мПа·с 31,5 с	по ГОСТ 25271 А/5/20=7000–11000 мПа·с более 200 с
рН: – по данным производителя – фактически	7,5–9,0 7,8	7,0–9,0 7,6	7,5–9,0 8,1
Средний размер частиц, мкм, по данным производителя	0,09	0,08–0,15	–
МТП, °С, по данным производителя	13–19	18–20	22

Одним из определяющих свойства ЛКМ и покрытий факторов является соотношение между акриловыми стирольными звеньями в сополимере дисперсий. Однако такие сведения производителями дисперсий не предоставляются.

Соотношение между стирольными и акриловыми фрагментами сополимера дисперсий Orgal и Акрилан определялось при помощи инфракрасной спектроскопии (ИКС). Полученные на ИК-Фурье спектрометре «Infracum FT-801» спектры

(рис. 2) подтверждают заявленный качественный состав полимера.

Количественная обработка спектров заключалась в сравнении относительных интенсивностей полос поглощения акриловых и стирольных фрагментов сополимера дисперсии (табл. 2).

Для ИК-спектра полиакрилатов характерны дуплет в области при 1260 и 1170 см⁻¹ валентных колебаний связи С-О, а также полоса поглощения в области 1720–1730 см⁻¹ валентных колебаний

связи $C=O$. Для ИК-спектра полистирола в области 750 см^{-1} , 700 см^{-1} характерны интенсивные и широкие полосы колебаний бензольного кольца полистирола, а также в области 1250 см^{-1} ,

830 см^{-1} – несколько полос средней и малой интенсивности и поглощение в области $1585\text{--}1625\text{ см}^{-1}$ валентных колебаний, сопряженных $C=C$ связей бензольного кольца [11, 12].

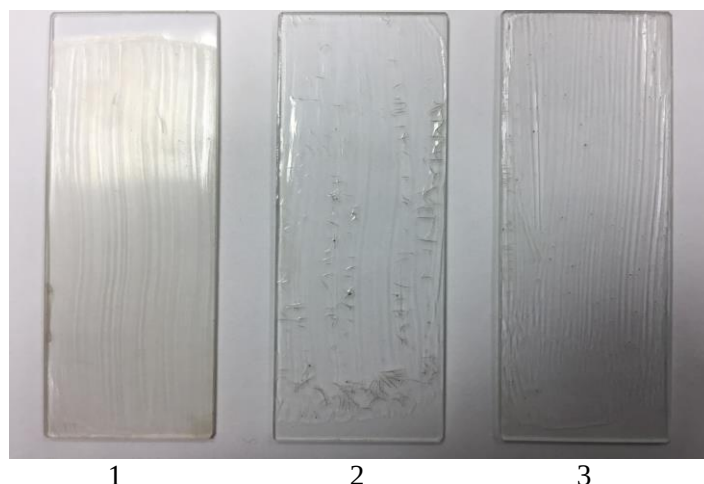


Рис. 1. Пленки на стеклянных подложках, полученные на основе дисперсий:
1 – Orgal, 2 – Акрилан, 3 – Новопол

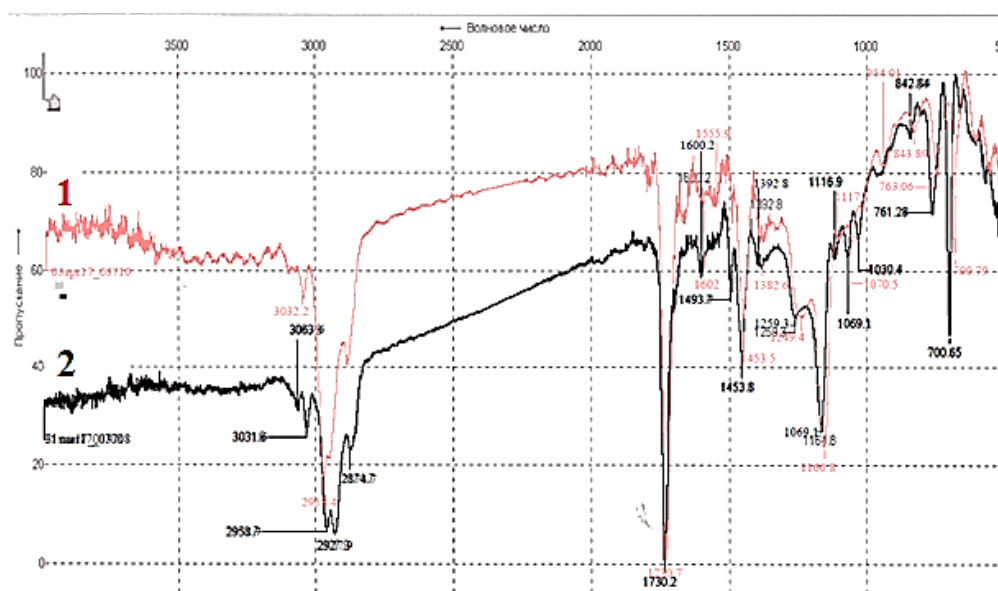


Рис. 2. ИК-спектры пленок, полученных из дисперсий:
1 – Orgal, 2 – Акрилан

Количественный анализ спектров (табл. 2) показывает, что в сополимере дисперсии Orgal более высокое содержание акриловых звеньев, по сравнению с дисперсией Акрилан. Соответственно, следует ожидать большей стойкости лакокрасочного покрытия (ЛКП) на основе этой дисперсии при УФ-облучении, и целесообразность использования этой дисперсии в высококачественных составах для наружной отделки. В дисперсии Акрилан более высокое содержание стирольных звеньев по сравнению с дисперсией Orgal.

Наряду с неоспоримыми преимуществами для ВД систем характерны и недостатки, в частности, сильное пенообразование при диспергировании пигментов и наполнителей, обусловленное физико-химическим взаимодействием поверхностно-активных веществ (ПАВ) и воды в условиях интенсивного перемешивания. Следствием пенообразования является появление таких дефектов лакокрасочного покрытия, как пузыри и кратеры, которые снижают декоративные и защитные свойства покрытий.

Действие добавок-пеногасителей основано на способности разрушать поверхностную

пленку пузырьков или дестабилизировать двойной слой ПАВ, позволяя воздуху выходить из массы краски.

Таблица 2

Количественный анализ ИК-спектров

Дисперсия	Отношения абсолютных интенсивностей полос поглощения в области волновых чисел, $\text{см}^{-1}/\text{см}^{-1}$	
	$\frac{1730}{1600}$	$\frac{1730}{700}$
Акрилан	6,8	1,13
Orgal	14,8	2,4

Авторы [2] классифицируют пеногасящие системы по виду активного компонента на: полисилоксаны (на основе силиконовых масел), минеральные масла (наиболее применяемые в строительных красках), растительные масла, полярные масла (чаще вводятся в пеногасящую систему в комплексе с другими активными компонентами), молекулярные пеногасители (ПАВ-близнецы – современный класс пеногасителей), гидрофобные частицы (поверхностно-модифицированные тонкодисперсные минеральные или органические вещества). Как указывают многие исследователи [2,7–8,13], универсальных пеногасителей не существует, и выбор пеногасящей системы необходимо проводить, основываясь на конкретной рецептуре ВД ЛКМ. При этом зачастую смеси пеногасителей могут повышать эффективность пеногашения.

В настоящее время наиболее используемыми являются пеногасители на основе минеральных и силиконовых масел. Продукты, плохо эмульгирующиеся в красках (например, высокоактивные силиконовые пеногасители), можно вводить в ЛКМ на стадии диспергирования. Пеногасители на основе минеральных масел или смеси пеногасителей с эмульгаторами или защитными коллоидами (полигликолевыми эфирами) более совместимы с ЛКМ, и поэтому их можно добавлять на стадии смешивания пигмента с дисперсией. Обычно содержание пеногасителя составляет 0,1–0,6 % общей массы. Часть пеногасителя вводят в процессе диспергирования, а оставшееся количество – при смешивании пигмента с дисперсией [5, 14].

В данной работе исследовалась эффективность пеногасителей в ВД ЛКМ на основе стирол-акриловой дисперсии Акрилан 101. В исследованиях применяли пеногасители ВУК037 (ВУК, производство Нидерланды) на основе минеральных масел и Foamaster NXZ (Cognis-Henki, производство Турция) на основе смеси углеводородов и эмульгаторов. Критерием оценки качества пеногашения являлась скорость оседания

макропены, а также визуальная оценка на наличие дефектов покрытия, таких как кратеры и неровности слоя [15]. Пеногасители вводились в количестве 0,3 % от общей массы композиции, поэтапно – половина дозировки вводилась в водный раствор диспергатора, а вторая половина – после загрузки в смеситель пигмента. Далее в смеситель подавались наполнитель и дисперсия. В процессе приготовления композиции исследовалось макропенообразование, а после выдерживания готовой краски в течение 2 часов оценивалось наличие пузырей на поверхности. Далее краска наносилась на стеклянную пластинку с помощью аппликатора слоем толщиной 90 мкм для визуальной оценки покрытия на наличие дефектов.

Установлено, что макропена, образующаяся при перемешивании пигмента в растворе диспергатора, исчезает сразу после введения пеногасителей не зависимо от вида пеногасителя. Однако, в композиции с пеногасителем Foamaster NXZ через 2 часа выдержки присутствует значительное количество пузырьков воздуха во всем объеме, а на покрытии образуются дефекты в виде кратеров и проколов. В композиции с пеногасителем ВУК037 через 2 часа выдержки наблюдается незначительное количество пузырьков воздуха на поверхности, через сутки они исчезают. На получаемом покрытии дефектов нет.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Все исследованные стирол-акриловые дисперсии имеют близкий комплекс технических характеристик, при меньшей стоимости дисперсий отечественного производства (Новопол, Акрилан). При составлении на их основе рецептур ВД ЛКМ необходимо предусмотреть введение коалесцентов.

2. Установлено, что сополимер дисперсии Orgal имеет повышенное содержание акриловых звеньев, что указывает на целесообразность использования этой дисперсии в фасадных красках. Для интерьерных красок рационально применение дисперсий отечественного производства, с меньшим содержанием акриловых звеньев.

3. Дисперсия Акрилан склонна к пенообразованию, при составлении рецептур ВД ЛКМ на ее основе необходимо использовать пеногасители. Установлена эффективность добавки пеногасителя ВУК037 на основе минеральных масел при дозировке добавки 0,3 % от массы композиции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хайлен В. Добавки для водорастворимых лакокрасочных материалов. Пер. с англ. А.А. Корда. М.: Пэйн-Медиа, 2011. 176 с

2. Шинкович Д.Н., Мартинкевич А.А., Прокопчук Н.Р. Разработка пеногасящей системы для водно-дисперсионной краски для окрашивания пластмасс // Химия, технология органических веществ и биотехнология: Труды БГТУ. 2014. №4. С. 18–21.
3. Интерлакокраска 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.interlak-expo.ru/ru/history/interlak-2016/info_participants/ (дата обращения: 17.07.2017)
4. McCulloch L. Top 25 paint companies. An update of Europe's top paint manufacturers // *Polymers paint colour journal*. 2012. Vol. 202, №4574. P. 38–48.
5. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: Пэйн-Медиа, 2003. 136 с.
6. Scheirs J., Priddy D.B. Modern styrenic polymers: polystyrenes and styrenic copolymers. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2003. 792 p.
7. Ламбурн Р. Лакокрасочные материалы и покрытия: теория и практика. пер. с англ. Л.Н. Машляковского, А.М. Фроста. СПб.: Химия, 1991. 481 с.
8. Фрейтаг В., Стойе Д. Краски, покрытия и растворители: состав, производство, свойства и анализ. Пер. с англ. Изд. 2-е перераб.; под ред. Э.Ф. Ицко. СПб.: Профессия, 2007. 526 с.
9. Poth U., Schwalm R., Schwartz M. Acrylic resins. Hanover: Vincentz Network, 2011. 384 p.
10. Фомина Н.Н., Исмагилов А.Р. Исследование стирол-акриловых дисперсий как связующих лакокрасочных материалов // Ресурсо- и энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: Сб. науч. трудов по м-лам V Междунар. науч.-практ. конф. Саратов: Изд-во СГТУ им. Гагарина Ю.А. 2017. С. 165–168.
11. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Физико-химические методы исследования полимеров. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 140 с.
12. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа. 1971. 264 с.
13. Сорокин М.Ф., Кочнова З.А., Шодэ Л.Г. Химия и технология пленкообразующих веществ. М.: Химия, 1989. 480 с.
14. Котельников Д.В. Методика подбора пеногасителей для водно-дисперсионных материалов // Лакокрасочные материалы и их применение. 2002. № 10. С. 22–23.
15. Фомина Н.Н., Исмагилов А.Р. Исследование эффективности пеногасителей в водно-дисперсионных красках // Техническое регулирование в транспортном строительстве. Саратов, 2016. №1(15). С. 10–12.

Информация об авторах

Иващенко Юрий Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры строительные материалы и технологии.

E-mail: psk@sstu.ru

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

Фомина Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительные материалы и технологии.

E-mail: fominanani@yandex.ru

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

Исмагилов Артур Раельевич, аспирант кафедры строительные материалы и технологии.

E-mail: art-mill94@mail.ru

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

Поступила в ноябре 2017 г.

© Иващенко Ю.Г., Фомина Н.Н., Исмагилов А.Р., 2018

G.Yu. Ivashchenko, N.N. Fomina, A.R. Ismagilov
ANALYSIS OF STYRENE-ACRYLIC DISPERSIONS AS BINDERS FOR PAINTS
FOR CONSTRUCTION PURPOSES

In the present work, a comparative analysis of styrene-acrylic binder for water-dispersion (VD) of paint and varnish materials (LKM) for construction purposes. The article represents the advantages of aqueous dispersions of polymers and the properties of the binder obtained by copolymerization of acrylic monomers with styrene. Conducted analytical review of the market of aqueous dispersions, marked the most popular

domestic and import manufacturers. Studied the styrene-acrylic dispersion have a close set of technical characteristics. With the help of infrared spectroscopy high content of acrylic units in the copolymer dispersion of Orgal, which indicates the feasibility of using the dispersion in the exterior paint. The problems of defoaming in the preparation of the formulations proposed criteria for assessing the quality of the foam. Analyzed penogashchuu classification systems and characteristics of the action of defoamers in coatings VD. The results of studies designed to make recommendations for their use in the formulations of architectural paints. The efficiency of the antifoam BYK037 in compositions based on the dispersion Akrilan.

Keywords: coating material, aqueous dispersion of polymers, acrylates, styrene, IR spectra, foaming, antifoam.

Information about the authors

Yuri G. Ivashchenko, PhD, Professor.

Saratov State Technological University named after Y.A. Gagarin.
Russia, 410054, Saratov, st. Polytechnicheskaya, 77.

Natalia N. Fomina, PhD, Assistant professor.

E-mail: fominanani@yandex.ru
Saratov State Technological University named after Y.A. Gagarin.
Russia, 410054, Saratov, st. Polytechnicheskaya, 77.

Arthur R. Ismagilov, Postgraduate student.

E-mail: art-mill94@mail.ru.
Saratov State Technological University named after Y.A. Gagarin.
Russia, 410054, Saratov, st. Polytechnicheskaya, 77.

Received in November 2017

Кобзев В.А., аспирант,
Сивальнева М.Н., канд. техн. наук,
Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННАЯ АЛЮМОСИЛИКАТНАЯ ВЯЖУЩАЯ СУСПЕНЗИЯ ИЗ ГРАНОДИОРИТА*

nelubova@list.ru

В настоящее время одними из приоритетных направлений инновационных технологий является производство бесцементных вяжущих и использование в технологических процессах производства альтернативных сырьевых ресурсов. Решение данных задач возможно за счет разработки вяжущих атермального синтеза на основе силикатного и алюмосиликатного природного и техногенного сырья. К таким видам вяжущих относятся высококонцентрированные, в том числе наноструктурированные вяжущие суспензии, получаемые по технологии мокрого помола, спектр используемого сырья для которых пока ограничен. Разработанные ранее композиты на основе бесцементных наноструктурированных вяжущих отличаются недостаточно высокими прочностными показателями, что связано как с характеристиками исходного сырья, так и с недостаточной оптимизацией технологических решений. Использование сырьевых материалов, обладающих изначально более прочной матрицей, обеспечит формирование связующего с требуемыми техническими свойствами, что позволит получать материалы на их основе с повышенными характеристиками.

Ключевые слова: высококонцентрированные вяжущие, бесцементные, модификация, механоактивация.

Введение. Растущий потенциал строительного комплекса Российской Федерации обуславливает перспективность применения бесцементных вяжущих, способных частично или полностью заменить традиционно применяемые вяжущие вещества в широком диапазоне классов строительных материалов. Большой интерес представляют собой высококонцентрированные и наноструктурированные вяжущие на основе силикатного и алюмосиликатного сырья [1–7]. Согласно результатам ранее выполненных работ, получены составы строительных композитов с их применением, недостатки которых выражаются в невысоких прочностных характеристиках. Это вызвано свойствами исходных сырьевых материалов, рецептурными и технологическими факторами производства вяжущих.

Расширение сырьевой базы промышленности строительных материалов имеет важное практическое значение, выраженное в рациональном выборе сырья с точки зрения территориального расположения, энергоёмкости производства тех или иных материалов на его основе, увеличении номенклатуры изделий, их качества и технико-экономической эффективности.

В связи с этим целью работы стала разработка высококонцентрированной алюмосиликатной вяжущей суспензии (ВАВС) на основе отсева дробления полнокристаллических кислых интрузивных пород – гранодиоритов.

Методология. В работе для получения ВАВС использовались отсев гранодиорита, жидкое стекло натриевое и вода. Отсев гранодиорита Павловского комплекса гранитоидов юго-востока Воронежского кристаллического массива. Гранодиориты залегают во вмещающих метаморфических породах – гранодиоритогайсах Донской серии. Гранодиориты отличаются массивной текстурой и структурой от мелко- до крупнозернистой. Данная порода отличается высоким содержанием SiO_2 , что полностью соответствует требованиям, предъявляемым к сырью для получения высококонцентрированных вяжущих [8].

Водородный показатель (pH) ВАВС определялся pH-метром OYSTER-10. Определение гранулометрического состава вяжущей суспензии осуществлялось методом лазерной гранулометрии на приборе ANALYSETTE 22 NanoTec plus. Расчетный метод определения размера частиц вяжущего осуществлялся с помощью спектрофотометра Leki SS 1207. Определение электрофоретической активности вяжущей суспензии проводилось на приборе лазерном анализаторе Zetatrac (Microtrac, США). Количественный полнопрофильный рентгенофазовый анализ осуществлялся с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра серии ARL 9900 WorkStation ARL 9900, в котором применяется излучение рентгеновской трубки с Co-анодом (параметры съемки: интервал углов дифракции $2\theta=8-80$, шаг сканирования 0,02, фильтрация β -излучения). При

этом производилась предварительная подготовка проб вяжущей суспензии: высушивание проб в естественных условиях; измельчение проб в корундовой ступке при добавлении этилового спирта до состояния тонкодисперсного порошка; перемешивание измельченных проб с эталонным образцом, в качестве которого использовался рутит; формование таблеток на автоматическом гидравлическом прессе Vaneox-40t. Диагностирование и моделирование рентгенограмм производилось с использованием базы дифракционных данных PDF-2, программ Crystallographica SearchMatch, DDM v.1.95e. Реологические исследования вяжущей суспензии осуществлялись на ротационном вискозиметре Rheotest RN4.1. Экологическая безопасность вяжущей суспензии оценивалась с точки зрения нескольких параметров: удельной эффективной активности естественных радионуклидов (ЕРН), определяемой с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс»; токсичности материалов на жизнедеятельность культурных растений по параметру фитоэффекта в соответствии с методикой МР 2.1.7.2297–07; токсичности материалов при биотестировании согласно методике «Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и измерению плодовитости дафний».

Все исследования проводились на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова и в лабораториях кафедры материаловедения и технологии материалов.

Основная часть. На первом этапе был проведен комплекс исследований, направленных на разработку и изучение свойств высококонцентрированной алюмосиликатной вяжущей суспензии. При выборе технологии получения ВАВС аналогом выступает разработка алюмосиликатного кислотостойкого вяжущего на основе гранита [9]. Для ее получения использовался отсев гранодиорита, который предварительно разделяли на три фракции: мелкая ($<0,315$ мм), средняя ($0,315–0,125$ мм) и крупная ($>1,25$ мм); а также модифицирующие компоненты – триполифосфат натрия и жидкое стекло. При оценке фракционного распределения сырья установлено оптимальное технологическое решение, заключающееся в одностадийной механической активации крупной фракции в присутствии модификатора – жидкого стекла. Следует отметить, что преимущество выбранной фракции обусловлено содержанием в ней минимального количества слоистых алюмосиликатов, которые негативно сказываются на механохимическом синтезе суспензии.

Комплексом исследований, проведенных в течение получения суспензии, была обоснована высокая активность и энергетический запас энергии, позволивший сократить время измельчения сырья до 11 часов [10]. Увеличение времени помола приводит к снижению скорости роста относительного изменения свободной поверхностной энергии, а затраты времени и энергии на дальнейший помол являются неэффективными.

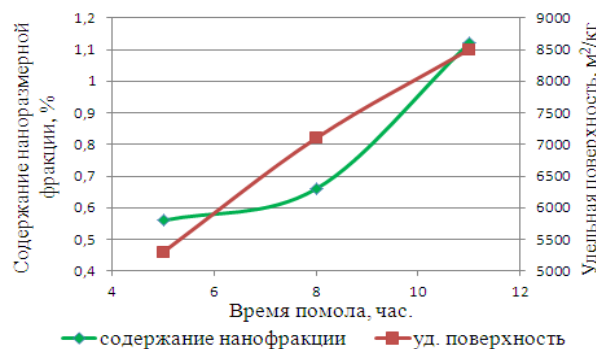


Рис. 1. Изменение размерных характеристик ВАВС на разных стадиях помола

Состоятельность и достаточность данного времени технологического цикла подтверждается исследованием основных характеристик. Гранулометрический состав завершающей стадии помола характеризуется переходом размера частиц в меньшую область, что связано с длительным измельчением, начальными процессами химического растворения сырья с образованием коллоидной компоненты. Ультрадисперсная фракция, в сравнении с пробами более раннего помола (5 час.), увеличивается примерно в 2 раза (рис. 1). При этом достигаются достаточная электрическая стабильность (ξ -потенциал свежеполученного ВАВС составляет -19 мВ) и устойчивость системы по отношению к агрегации.

В силу одностадийной технологии получения вяжущей суспензии и полиминеральности исходного гранодиорита, формируется полидисперсная система при равномерном распределении мелких фракций (рис. 2), размеры которых находятся в диапазоне от 100 нм до 2,5 мкм. Полидисперсный состав вяжущего является благоприятным фактором для создания высокоплотной упаковки, что в свою очередь, будет приводить к повышению физико-механических параметров, как самого ВАВС, так и материалов на ее основе.

При этом однородность и связность вяжущей системы, формирующие условия для создания единого композита, могут свидетельствовать о достижении оптимального времени диспергирования, при котором измельчаемая порода получает необходимый уровень дисперсности.

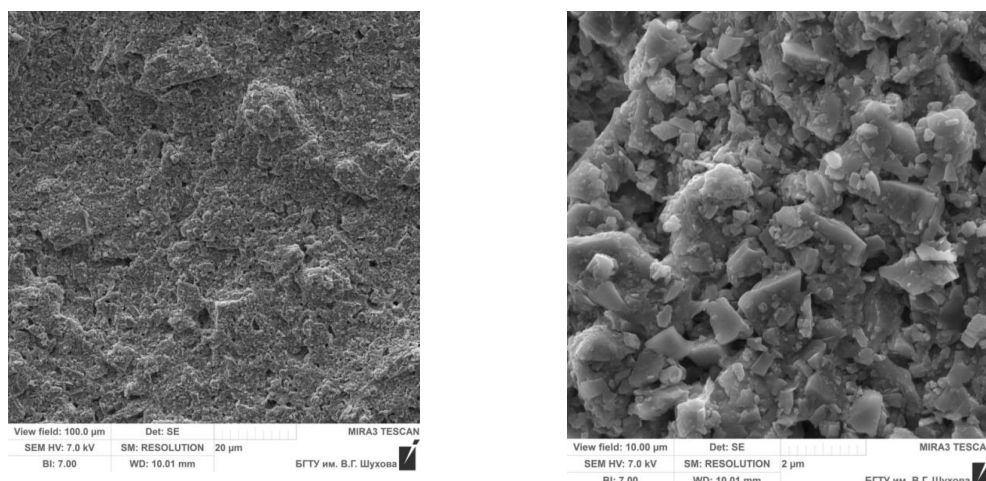


Рис. 2. Микроструктура затвердевшего камня на основе высококонцентрированной алюмосиликатной вяжущей суспензии из гранодиорита

Одной из важнейших характеристик вяжущих и растворов на их основе является реология, от которой напрямую зависят технологические операции с конечными материалами. В числе прочего к числу недостатков высококонцентрированных вяжущих систем стоит отнести недостаточную подвижность систем, что предопределяет использование модифицирующих добавок, обеспечивающих пластифицирующий эффект. Ранее выполненными исследованиями обоснована эффективность триполифосфата натрия (ТПФН) [11], в связи с чем он выбран для модификации BABC из гранодиорита.

В качестве контрольного образца представлено вяжущее с влажностью 22 % без добавок.

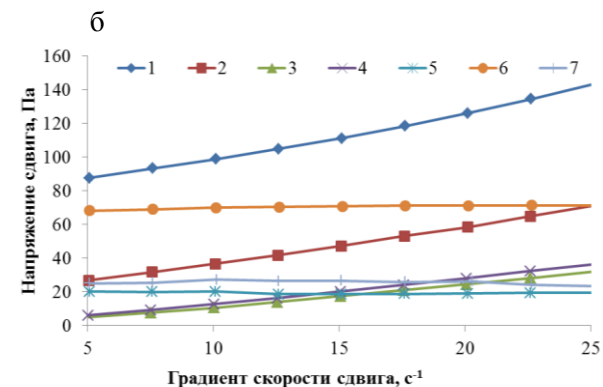
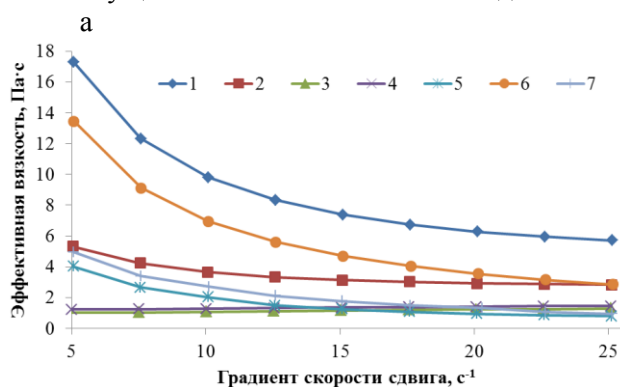


Рис. 3. Реограммы BABC, модифицированной триполифосфатом натрия (ТПФН):
а – зависимость вязкости от градиента скорости сдвига; б – зависимость напряжения от градиента скорости сдвига; 1 – BABC; 2 – BABC+ТПФН (0,3 %); 3 – BABC+ТПФН (0,2 %); 4 – BABC+ТПФН (0,1 %); 5 – BABC+ТПФН (0,1 %), нагрев 70 °С; 6 – BABC+ТПФН (0,3 %), нагрев 70 °С; 7 – BABC, нагрев 70 °С

Согласно полученным данным, введение разжижителя в «холодную» систему обеспечивает падение начальной вязкости. При этом увеличение концентрации добавки триполифосфата натрия не изменяет характер течения исходной вяжущей системы. Данные особенности могут найти объяснение в следующем. Исходная вяжущая система (BABC на основе гранодиорита), в

связи с ее принадлежностью к типу ВКВС, характеризуется образованием перколяционных кластеров и присутствием электролитов. Реологические свойства во многом зависят от наличия и качества прослоек среды между частицами. Через эти прослойки действуют силы притяжения, обусловленные Ван-дер-Ваальсовыми и водород-

ными связями. Таким образом, применение добавок-разжижителей регулирует толщину этих прослоек или их гидродинамические свойства. При механическом воздействии связи коагуляционных структур разрушаются, что и приводит к снижению вязкости.

Установлено, что при повышении температуры алюмосиликатная суспензия проявляет более высокую текучесть. При сравнении контрольных образцов начальная вязкость снизилась на 70 %. Использование добавки при малой концентрации (0,1 %) имеет некоторое пластифицирующее действие (до 20 %). Это обусловлено образованием двойного электрического слоя, изменением pH среды, увеличением значения электрокинетического потенциала. При этом введение ТПФН в «горячую» систему приводит к существенному загущению системы, выражаемому

увеличением вязкости более, чем на 60 %. Вероятным объяснением данного факта является то, что наличие в системе триполифосфата натрия приводит к повышению количества электролитов, что нейтрализует электролиты, имеющиеся в исходной системе. В связи с этим молекулы приобретают неразветвленную, скрученную структуру. Следовательно, применение при помеле высококонцентрированной алюмосиликатной вяжущей суспензии триполифосфата натрия не оказывает пластифицирующего действия и является нецелесообразным. Выявлено, самопроизвольное разжижение системы при нагреве, и использование добавок не требуется.

Основные свойства суспензии и камня на ее основе приведены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства ВАВС и камня на ее основе

Наименование свойств ВАВС (до затвердевания)	Значение	Наименование свойств ВАВС (после затвердевания)	Значение
Остаток на сите № 0063, %	менее 1	Прочность на сжатие, МПа	5,05
Вязкость, Па·с	17–20	Прочность на изгиб, МПа	2,10
pH среды	8,0–9,0	Плотность, кг/м ³	2100
Влажность, %	20–22	Удельная эффективность естественных радионуклидов, Бк/кг	60,8

Вопросы структурообразования ВАВС на основе гранодиорита в процессе твердения и формирования на этой основе прочностных свойств в настоящее время не изучены. В связи с этим методом количественного полнопрофильного РФА был определен минеральный состав кристаллических компонентов и содержание рентгеноаморфной фазы вяжущей суспензии на разных сроках твердения (3–7 суток). Качественный РФА показал, что исходная порода представлена минералами: α-кварцем, плагиоклазом, био-

титом и роговой обманкой. Дополнительно в расчетную полнопрофильную процедуру РФА были введены структурные модели анатаза, являющегося внутренним эталоном, и корунда, представляющего собой продукт намола мелющих тел. Графическим представлением результатов количественного РФА вяжущего являются рентгенограммы, которые для проб ВАВС при различном времени твердения визуально мало отличаются. В связи с этим отображен расчет только образца суспензии в возрасте 7 суток (рис. 4).

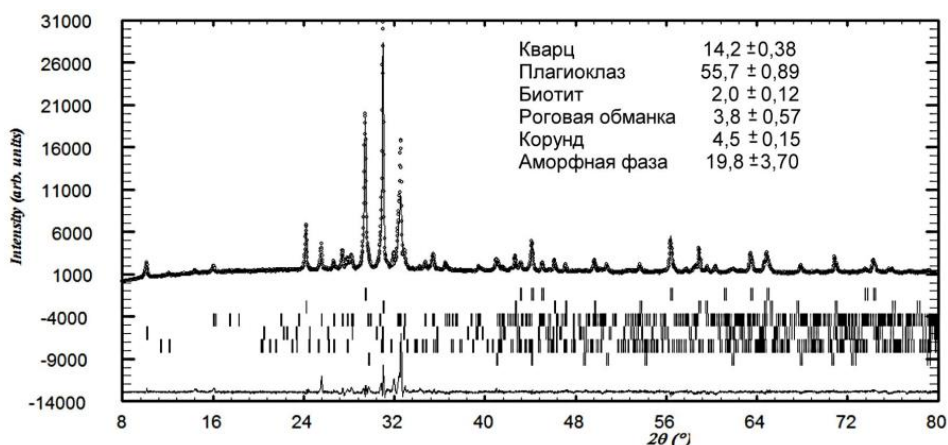


Рис. 4. Полнопрофильный расчет рентгенограммы ВАВС на 7 сутки твердения

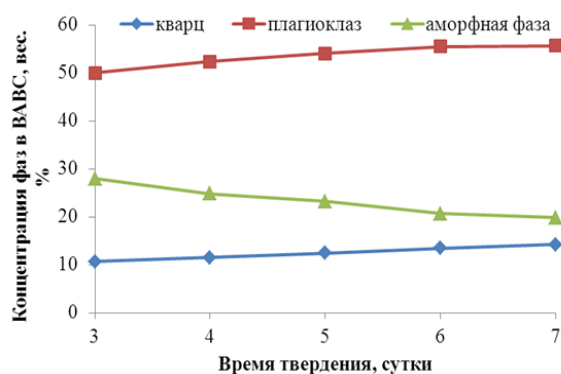


Рис. 5. Изменение концентраций основных фаз ВАВС в зависимости от времени твердения

Установлено, что в процессе твердения вяжущей суспензии изменяется концентрация фаз (рис. 5). Количество аморфной компоненты, состоящей из коллоидных растворов кремниевой и алюмокремниевой кислот, монотонно уменьшается. При этом концентрации кристаллических породообразующих компонентов (кварца и полевого шпата) возрастают, что позволяет выдвинуть предположение об избирательной эпитаксиальной кристаллизации кремниевой кислоты на частицах кварца, как наиболее структурно соответствующих ей, а алюмокремниевой кислоты, с захватом из раствора ионов (или аквакомплексов) Na^+ и Ca^{2+} , – на частицах плагиоклаза.

Таким образом, этапы твердения ВАВС на основе гранодиорита можно представить в виде последовательности процессов (феноменологической модели): I – механохимическое растворение породообразующих минералов гранодиорита (кварца и плагиоклаза) с образованием коллоидных растворов ортокремниевой и алюмокремниевой кислот; II – протекание поликонденсационных процессов ортокремниевой кислоты; III – избирательная эпитаксиальная кристаллизация кремниевой кислоты на частицах кварца, алюмокремниевой – на частицах плагиоклаза с захватом из раствора ионов Na^+ и Ca^{2+} . При этом, предположительно, формируются межчастичные связки (интерфейсы), которые способствуют образованию монолитного каркаса консолидированного вяжущего за счет образования кристаллизационных контактов между дисперсными частицами гранодиоритовой вяжущей суспензии.

В работе определялись удельная эффективная активность естественных радионуклидов ВАВС, которая составила 60,8 Бк/кг, что меньше допустимого значения 370 Бк/кг, и токсичность водных вытяжек минерального вяжущего методом фитотеста и биотестирования. При комплексном изучении токсичности материалов проведены исследования на живых организмах, принадлежащих к различным экологическим груп-

пам, поэтому в качестве тест-объектов были выбраны представители культурных растений – зерна овса и животных – ветвистоусых рачков рода дафний [14–16]. На основании результатов токсичности обоснована экологическая безопасность ВАВС и биопозитивность материалов на ее основе.

Таким образом, теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения высококонцентрированной алюмосиликатной вяжущей суспензии на основе гранодиоритов и изучены ее основные свойства.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для молодых кандидатов МК-5980.2018.8 и в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Управление структурой и свойствами высоконцентрированных дисперсных систем с использованием нанопроцессов и технологий // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 17–18.
2. Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 48–51.
3. Павленко Н.В., Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Нелюбова В.В., Капуста М.Н. Эффективность применения наноструктурированного вяжущего при получении ячеистых композитов // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 10–12.
4. Sivalneva M.N., Pavlenko N.V., Pastushkov P.P., Strokova V.V., Netsvet D.D., Shapovalov N.A. Steam curing characteristics of cellular concrete on the basis of nanostructured binders // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2016. T. 8. № 3S. P. 1480.

5. Строкова В.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В. Комплексная система мониторинга и управления процессом получения наноструктурированного вяжущего // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 54–56.
6. Pavlenko N.V., Strokova V.V., Cherevatova A.V., Netsvet D.D., Miroshnikov E.V. Cellular concrete based on nanostructured perlite binder // Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 496–500. Рр. 2383–2386.
7. Строкова В.В., Павленко Н.В., Капуста М.Н. Принципы получения ячеистых фибробетонов с применением наноструктурированного вяжущего // Academia. Архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 114–117.
8. Череватова А.В., Строкова В.В., Жерновский И.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 161 с.
9. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. № 1–2. С. 38–41.
10. Строкова В.В., Айзенштадт А.М., Сивальнева М.Н., Кобзев В.А., Нелюбова В.В. Оценка активности наноструктурированных вяжущих термодинамическим методом // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 3–9.
11. Гоберис С., Стонис Р. О некоторых особенностях пластифицирования низкоцементного жаростойкого бетона раствором силиката натрия // Новые огнеупоры. 2004. № 9. С. 48–51.
12. Пивинский Ю.Е., Ермак Ю.Н., Череватова А.В., Шаповалов Н.А. О влиянии разжижающих добавок на реотехнологические свойства ВКВС боксита // Новые огнеупоры. 2003. № 5. С. 91–97.
13. Вакуленко И.А., Песчанская В.В., Шебанова Н.В., Чистяков В.Г. Влияние триполифосфата натрия на свойства низкоцементных бетонов // Вестник национального технического университета «ХПИ». Вып. 26. 2007. С. 58–61.
14. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Рыкунова М.Д., Калатози Э.К. Оценка фитотоксичности композитов с биоцидными компонентами // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4 (16). С. 22–30.
15. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Strokova V.V., Evaluation of geopolymer binders biopositivity based on low-calcium fly ash, International // Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. №15. Pp. 35527–35529.
16. Strokova V.V., Nelubova V.V., Sivalneva M.N., Kobzev V.A. Phytotoxicity Analysis of Different Compositions of Nanostructured Binder // Key engineering materials. 2017. Vol. 761. Pp. 189–192.

Информация об авторах

Кобзев Вадим Алексеевич, аспирант, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: 9087815876@mail.ru

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

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

Сивальнева Мариана Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов.

E-mail: 549041@mail.ru

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

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

Нелюбова Виктория Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов

E-mail: nelubova@list.ru

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

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

Поступила в октябре 2017 г.

© Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Нелюбова В.В., 2018

V.A. Kobzev, M.N. Sivalneva, V.V. Nelyubova
HIGHLY-CONCENTRATED ALUMINOSILICATE BINDING SUSPENSION FROM
GRANODIORIT

Currently, one of the priority areas of innovative technologies is the production of cement-free binders and the use of alternative raw materials in production processes. The solution of these problems is possible due to the development of athermal synthesis binders on the basis of silicate and aluminosilicate natural and

technogenic raw materials. This type of binders includes highly concentrated, also nanostructured, binding suspensions, obtained by wet grinding technology, the range of raw materials for which is still limited. The composites developed on the basis of cement-free nanostructured binders differ in insufficiently high strength parameters, which is related both to the characteristics of the raw material and to the insufficient optimization of technological concepts. The use of raw materials with an inherently stronger matrix will ensure the formation of a binder with the required technical properties, which will allow obtaining materials based on them with enhanced characteristics.

Keywords: *highly concentrated binder, cement-free, modification, mechanoactivation*

Information about the authors

Vadim A. Kobzev, Postgraduate student.

E-mail: 9087815876@mail.ru

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

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

Mariana N. Sivalneva, PhD, Assistant professor.

E-mail: 549041@mail.ru

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

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

Viktoriya V. Nelyubova, PhD, Assistant professor.

E-mail: nelubova@list.ru

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

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

Received in October 2017

Логанина В.И., д-р техн. наук, проф.,
Фролов М.В., аспирант,
Рябов М.А., студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ШТУКАТУРНЫХ ПОКРЫТИЯХ

loganin@mail.ru

Представлены сведения о процессах теплообмена в отделочных покрытиях стен зданий. Показано, что теплоизоляционное декоративное покрытие, полученное с использованием в качестве наполнителя зольных алюмосиликатных микросфер, обладает большей трещиностойкостью в процессе увлажнения.

Ключевые слова: влагонасыщение, теплообмен, отделочный состав, зольные алюмосиликатные микросферы, вспученный вермикулитовый песок.

Введение. Продолжительность срока службы отделочных покрытий наружных стен зданий зависит от характера воздействия различных климатических факторов, которые способны вызывать температурно-влажностные деформации внутри слоя отделки. В процессе эксплуатации стен из газобетона часто наблюдается частичное разрушение отделочного покрытия из-за конденсации влаги на границе отделочное покрытие – газобетон. Также повышает опасность трещинообразования неравномерное распределение влаги по сечению слоя отделки. Предотвратить возникновение избытков влаги в стеновой газобетонной конструкции возможно при использовании для наружной отделки штукатурных покрытий, характеризующихся низкими значениями сопротивления паропроницанию и высокими значениями сопротивления теплопередаче [1, 2].

Основная часть. Предварительно проведенные исследования позволили рекомендовать для отделки стен из газобетона теплоизоляционную сухую строительную смесь (ССС) следующего состава: известь-пушонка, белый цемент, модифицирующая добавка на основе смеси гидросиликатов и алюмосиликатов кальция, молотые отходы производства газобетона, различные модифицирующие добавки, легкий высокопористый наполнитель [3, 4, 5, 6].

Эксплуатационные свойства пористых материалов, таких как теплоизоляционные СССР, в значительной степени определяются интенсивностью происходящих в них процессов теплообмена [7, 8, 9]. Значительного продлить срок службы теплоизоляционных отделочных покрытий можно за счет выбора оптимального легкого наполнителя [10]. Нами проведены исследования процессов теплообмена в отделочных покрытиях, полученных с использованием предложенной теплоизоляционной СССР,

наполненной вспученным вермикулитовым песком (состав 2) и зольными алюмосиликатными микросферами (состав 3). Для сравнения в работе исследованы процессы теплообмена в цементно-песчаной штукатурке (состав 1).

Для получения данных по распределению влаги по толщине покрытия были изготовлены образцы на основе каждого состава в виде дисков диаметром 100 мм и толщиной 5 мм. Образцы, полученные с использованием состава 1, твердели при температуре 18–20 °С в водных условиях, образцы, полученные с использованием отделочного состава 2 и 3, твердели в воздушно-сухих условиях при температуре 18–20 °С и относительной влажности 50–60 %. Все образцы набирали прочность в течение 28 суток. Затем их высушивали до постоянной массы при температуре 100–105 °С.

Исследуемый образец состоял из 4-х плоскопараллельных дисков указанных размеров. Боковые поверхности исследуемых образцов покрытий влагонепроницаемыми парафином. Образцы размещали между двумя тепловыми камерами в соответствии с принципиальной схемой, представленной на рис. 1.

В камерах поддерживались следующие температурно-влажностные условия: в камере 1 – температура $t_1=60$ °С, относительная влажность $\phi=100$ %, в камере 2 – температура $t_2=20$ °С, относительная влажность $\phi=50$ %. Для предотвращения потерь тепла вся экспериментальная установка теплоизолировалась. В ходе эксперимента проводилось измерение текущего интегрального и дифференциального влагосодержания весовым методом. Результаты исследований приведены в табл. 1, 2 и рис. 2–4.

На рис. 2 представлена зависимость влагосодержания u покрытия на основе состава 1 от времени увлажнения t . Из-за разности величин

упругости водяного пара с разных сторон образца наблюдается диффузия водяного пара через покрытие в сторону пониженных температур. В данном случае направление градиента влагосодержания совпадает с направлением температурного градиента. Установлено, что слой 1 характеризуется наиболее высоким значением максимального влагосодержания u . После 18 часов влагопоглощения влагосодержание составляет $u=102 \cdot 10^{-3}$ кг/кг (рис. 2. кривая 1). Величина влагосодержания u 2-го, 3-го и 4-го слоев последовательно уменьшалась по мере их удаления от камеры 1.

На рис. 3 представлена зависимость скорости влагопоглощения покрытия на основе состава 1 от времени увлажнения τ . Установлено, что для всех 4-х слоев скорость влагопоглощения максимальна в 1 час увлажнения, в дальнейшем скорость влагопоглощения 1-го и 2-го слоев последовательно падала (рис. 3. кривая 1, 2).

Скорость влагопоглощения 3-го и 4-го слоев изменялась в зависимости от времени увлажнения. В период с 1 по 4 час увлажнения скорость уменьшалась, с 5 по 9 час эксперимента увеличивалась, а затем вновь снижалась (рис 3. кривая 3,4). Такой характер кривых объясняется тем, что

в ходе эксперимента влага сначала наиболее активно адсорбировалась в порах 1-го слоя, ближнего к камере 1. После того как большинство пор 1-го слоя заполнялись водой, влага за счет диффузии последовательно заполняла поры каждого следующего слоя.

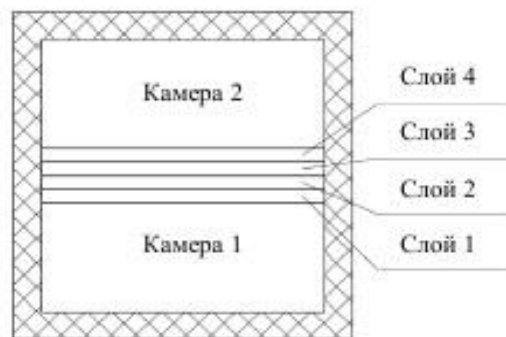


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

Установлено, что кривые распределение влагосодержания по сечению образца покрытия на основе состава 1 имеют следующий характер (рис. 4).

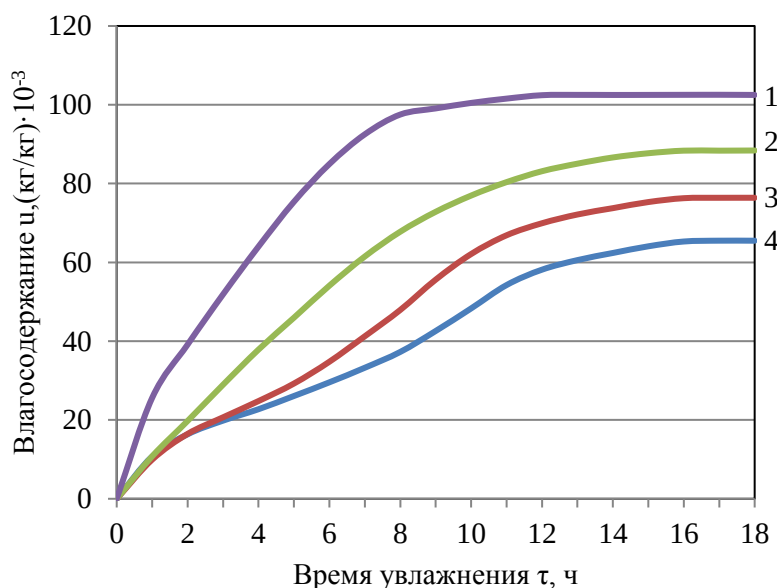


Рис. 2. Зависимость влагосодержания в отделочном покрытии (состав 1) от времени увлажнения:
1 – 1-ый слой; 2 – 2-ой слой; 3 – 3-ий слой; 4-ый – 4 слой

Данные на рис. 4 показывают то, что в процессе увлажнения отделочного покрытия влагосодержание по сечению материала распределено неравномерно. Наибольший перепад влагосодержания между крайними 1-ым и 4-ым слоями составил $60,2 \cdot 10^{-3}$ кг/кг, он наблюдался спустя 8 часов с момента начала увлажнения. Это создает опасность трещинообразования в слое отделки.

Зависимость дифференциального влагосодержания u исследуемых покрытий на основе состава 2 и 3 от времени увлажнения τ представлена в табл. 1. Зависимость скорости влагопоглощения покрытия на основе состава 2 и 3 от времени увлажнения τ представлена в табл. 2.

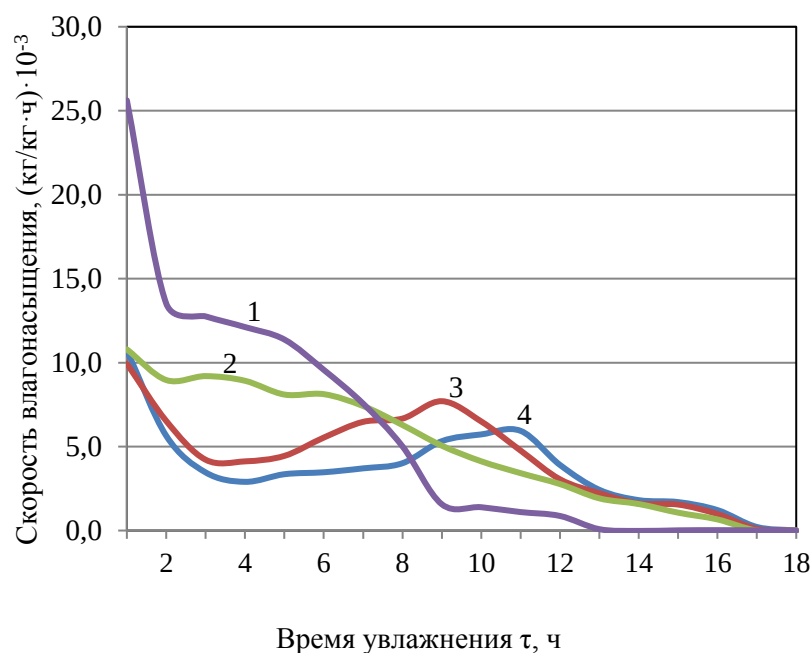


Рис. 3. Зависимость скорости влагопоглощения отделочного покрытия (состав 1) от времени увлажнения:
1 – 1-й слой; 2 – 2-й слой; 3 – 3-й слой; 4 – 4-й слой

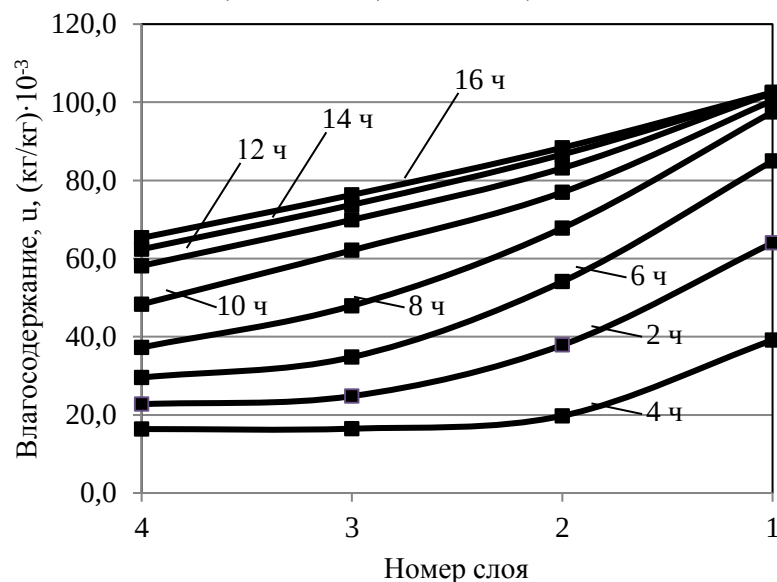


Рис. 4. Зависимость распределение влагосодержания в отделочном покрытие (состав 1) от времени увлажнения

Установлено, что для покрытий на основе составов 2 и 3 характерны те же закономерности кинетики увлажнения. Слой 1 характеризуется наиболее высоким значением максимального влагосодержания u . После 18 часов увлажнения кривые влагосодержания всех слоев покрытия на основе состава 3 вышли на асимптоту, при этом влагосодержание 1-го слоя составило $u=168,2 \cdot 10^{-3}$ кг/кг. Покрытие на основе состава 2 активно поглощало влагу на 4 часа дольше и спустя 22 часа увлажнения влагосодержание 1-го слоя составило $u=286,5 \cdot 10^{-3}$ кг/кг. Более высокое максимальное влагосодержание образцов покры-

тий на основе состава 2 объясняется преобладанием в поровой структуре данных композитов открытой пористости. Их общая пористость составляет 75,2 %, в том числе открытая пористость – 49,1 %, закрытая пористость 26,1 %. Общая пористость композитов, полученных с использованием состава 3, составляет 66,4 %, в том числе открытая пористость – 31,8%, закрытая пористость 34,6 %.

Влагосодержание в покрытие на основе состава 2 распределено крайне неравномерно по сечению материала. При этом наибольший перепад влагосодержания между крайними 1-м и 4-м слоями спустя 10 часов увлажнения составил

201,0·10⁻³ кг/кг. Влагосодержание в покрытие на основе состава 3 распределено более равномерно по сечению материала. Спустя 9 часов с начала эксперимента перепад влагосодержания между крайними 1-м и 4-м слоями был максимальный и

составил 108,9·10⁻³ кг/кг. В данном покрытии ниже вероятность возникновения трещин из-за неравномерного распределения влаги по толщине слоя отделки.

Таблица 1

Зависимость влагосодержания u (кг/кг)·10⁻³ в отделочном покрытии от времени t

№ состава	Номер слоя	Время увлажнения t , ч										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2	1	30,7	41,5	50,3	59,1	70,2	86,5	106,1	132,8	151,9	160,7	161,8
	2	31,0	48,0	62,2	77,1	99,6	128,3	159,8	183,9	196,9	199,4	199,4
	3	47,3	79,9	109,6	142,2	173,7	197,1	217,5	234,1	239,7	239,7	239,7
	4	93,7	156,5	203,8	242,7	271,2	283,4	286,2	286,4	286,5	286,5	286,5
3	1	13,1	24,0	30,0	37,0	46,1	59,1	77,2	89,1	94,2	94,2	94,2
	2	11,8	27,0	39,1	52,1	68,8	91,2	105,3	113,3	114,1	114,1	114,1
	3	16,2	43,0	63,9	86,9	110,3	127,2	135,2	138,0	137,8	137,8	137,8
	4	28,2	72,9	107,0	134,8	155,0	163,2	166,9	168,0	168,2	168,2	168,2

Таблица 2

Зависимость скорости влагопоглощения (кг/кг·ч)·10⁻³ отделочного покрытия от времени t

№ состава	Номер слоя	Время увлажнения t , ч										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2	1	13,4	4,9	4,2	4,2	6,2	8,2	10,1	13,6	7,5	3,8	0,0
	2	15,2	7,8	7,0	8,1	12,5	15,1	15,1	11,4	4,3	0,5	0,0
	3	22,0	15,3	15,0	17,0	15,0	11,0	9,8	7,4	0,2	0,0	0,0
	4	45,8	25,7	22,8	18,2	11,1	4,8	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0
3	1	6,3	3,1	3,1	4,3	6,1	9,0	6,9	3,1	0,0	0,0	0,0
	2	8,2	6,2	5,9	8,1	11,4	8,1	4,7	0,8	0,0	0,0	0,0
	3	14,1	10,4	11,3	12,1	9,6	4,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	24,0	17,4	14,3	12,6	4,9	2,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что теплоизоляционное покрытие, полученное с использованием в качестве наполнителя зольных алюмосиликатных микросфер, способно лучше, противодействовать температурно-влажностным деформациям, возникающим в слое отделки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ватин В.И., Горшков А.С., Глумов А.В. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. №1. С. 28–33.
2. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Горшков А.С., Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №6. С.19–33.
3. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Фролов М.В. Известковое композиционное вя-

жущее с применением добавки на основе алюмосиликатного наполнителя // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С.70–73.

4. Логанина В.И., Фролов М.В. Оценка трещиностойкости покрытий на основе теплоизоляционного состава для отделки газобетона // Региональная архитектура и строительство. 2017. №1. С. 30–35.

5. Логанина В.И., Фролов М.В. Тонкодисперсный наполнитель на основе силикатов кальция для известковых смесей // Вестник гражданских инженеров. 2015. №5. С.144–147.

6. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. № 12. Pp. 1100–1105.

7. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Гостехиздат, 1954. 364 с.

8. Павлюкевич Н.В. Введение в теорию тепло- и массопереноса в пористых средах.

Минск: Ин-т тепло- и массообмена НАНБ, 2002. 140 с.

9. Низовцев М.И., Стерлягов А.Н., Терехов В.И. Влияние градиента температуры на влагоперенос в пористых материалах // Пензенский вестник. 2012. №3/1. С.17–21.

10. Семенов В.С., Розовская Т.А. Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций с применением облегченных кладочных растворов // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 16–19.

Информация об авторах

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры «Управление качеством и технология строительного производства».

E-mail: loganin@mail.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

Фролов Михаил Владимирович, аспирант.

E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

Рябов Максим Александрович, студент.

E-mail: mryabov58@gmail.com

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.
Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

Поступила в ноябре 2017 г.

© Логанина В.И., Фролов М.В., Рябов М.А., 2018

V.I. Loganina, M.V. Frolov, M.A. Ryabov

INVESTIGATION OF THE HEAT-SUPPORTING PROCESS IN PLASTER COATINGS

Information on the processes of heat and mass transfer in the finishings coating of the walls of buildings is presented. It is shown that the heat-insulating decorative coating obtained using ash silica-alumina microspheres as a filler has a greater crack resistance in the process of moistening.

Keywords: moisture saturation, heat and mass transfer, finishing composition, ash microspheres aluminosilicate, expanded vermiculite sand.

Information about the authors

Valentina I. Loganina, PhD, Professor.

E-mail: loganin@mail.ru

Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Herman Titov, 28.

Mikhail V. Frolov, Postgraduate student.

E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Herman Titov, 28.

Maksim A. Ryabov, Bachelor student.

E-mail: mryabov58@gmail.com

Penza State University of Architecture and Construction.
Russia, 440028, Penza, st. Herman Titov, 28.

Received in November 2017

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ
ВИБРОПРЕССОВАННЫХ КАМНЕЙ БЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ***

jdenisowa@mail.ru

Физико-механические свойства стеновых материалов влияют на долговечность возводимых гражданских зданий. Хорошие эксплуатационные показатели данных материалов и доступность сырья для изготовления, позволяют широко использовать их в малоэтажном строительстве, развитие которого связано с реализацией национального проекта «Доступное жилье – гражданам России». Перед технологами и проектировщиками стоит актуальная задача в разработке и применении более энергоэффективных, экологичных, экономичных, легких, но при всем этом долговечных, негорючих строительных материалах, изделий и конструкций, что в свою очередь даст возможность в последующем возводить из них здания и сооружения абсолютно всех типов, отвечающие современным нормам и требованиям. В статье приведены результаты испытаний прочностных показателей керамзитобетонных стеновых материалов, изготовленных методом вибропрессования, с применением добавок.

Ключевые слова: свойства, керамзитобетон, стеновой материал, керамзит, цемент, камень, прочность, пластификатор, вибропрессование, дозировка, добавка, однородность.

Введение. Темпы строительства в нашей стране находились в прямой зависимости от соответствующих кризисных периодов (экономического, системного, демографического, энергетического и экологического). Эта закономерность прослеживается и в настоящее время в период очередного экономического кризиса. Но несмотря на это, перед проектировщиками, технологами и конструкторами стоит актуальная задача в разработке и применении более энергоэффективных, экологичных, экономичных, легких, но при всем этом долговечных, негорючих строительных материалах, изделий и конструкций, что в свою очередь даст возможность в последующем возводить из них здания и сооружения абсолютно всех типов, отвечающие современным нормам и требованиям [1].

На сегодняшний день материалы для стен должны быть прочными, долговечными, надежными, безопасными, которые предоставляют возможность возведения зданий и сооружений различного назначения, но при этом высочайшего качества. Наиболее распространенными и используемыми материалами для стен считаются кирпич (керамический и силикатный), а также блоки (керамзитобетонные, газо- и пенобетонные, силикатные). Непосредственно эти материалы и применяют для кладки стен в гражданском, промышленном строительстве.

В настоящее время у нас в Центральном Черноземье значительную известность приобретают блоки керамзитобетонные, пенобетонные и газобетонные. Качества этих материалов дают возможность использовать их при строительстве не только жилых (малоэтажных и многоэтажных),

но и производственных зданий и нежилых помещений. Использование блоков позволяет уменьшить сроки строительно-монтажных работ, а также значительно экономить материальные ресурсы и вспомогательные материалы в процессе возведения объектов строительства [2].

Одним из результативных методов решения проблемы энергосбережения зданий и сооружений считается главным образом максимальное снижение теплопотерь через все ограждающие конструкции. Увеличение энергоэффективности строительства предполагает возможность снижения энергозатрат на производство и соответственно применение энергоэффективных строительных материалов, изделий и конструкций. Отсюда и вытекает практическая значимость, востребованность и популярность на всей территории РФ бетона конструкционного и конструкционно-теплоизоляционного, который отличается при правильном применении необходимыми свойствами для создания благоприятного микроклимата в помещениях.

В процессе изучения была выдвинута гипотеза, что непосредственно подбор добавки и приведет к получению улучшенных свойств блоков стеновых керамзитобетонных, изготовленных с использованием метода вибропрессования.

Методика. Испытания прочностных показателей определяли в соответствии с ГОСТ 18105-2010. Межгосударственный стандарт. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности (введен в действие Приказом Росстандарта от 21.03.2012 N 28-ст) на гидравлическом прессе ИП-2500 М. Для проведения контроля в соответствии требованиями нормативной документации

были отобраны образцы керамзитобетонных блоков СКЦ 1Р100 и СКЦ2Р100 (рис. 1) в количестве не менее 6 штук одной марки.



Рис. 1. Пресс ИП-2500 М для испытания керамзитобетонных блоков СКЦ 1Р100 и СКЦ2Р100 и отобранные образцы керамзитобетонных блоков

В ходе исследований применялись сырьевые материалы согласно ГОСТ 25820-2014 «Бетоны легкие. Технические условия»:

1) Вяжущее, соответствующее требованиям ГОСТ 31180, ГОСТ 10178, ГОСТ 22266, ГОСТ 33174 (ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 30515) с истинной плотностью 3120 кг/м^3 и насыпной плотностью 1200 кг/м^3 .

Крупные и мелкие пористые заполнители проверены на соответствие требованиям ГОСТ 32496. В качестве мелкого заполнителя применялся природный песок. В заполнителях проверялся зерновой состав, определялась насыпная плотность, а также прочность щебня гранитного и керамзитового.

2) Песок, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014. «Межгосударственный стандарт. Песок для строительных работ. Технические условия» (введен в действие Приказом Росстандарта от 18.11.2014 N 1641-ст), использовали с модулем крупности 1,8, влажностью 3,1 %, насыпной плотностью 1350 кг/м^3 .

3) Щебень гранитный в соответствии с ГОСТ 8267-93. «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» (введен в действие Постановлением Госстроя РФ от 17.06.1994 N 18-43) (ред. от 02.04.2009) фракцией 5–10 мм с насыпной плотностью 1350 кг/м^3 , истинной плотностью 2668 кг/м^3 , влажностью 1,13 %. Содержание зёрен лещадной и игловатой формы составило 38 %, содержание слабых зёрен – 3,9 %, содержание глины в комках – 0,21 %. Содержание пылевидных и глинистых частиц – 0,7 %. Марка щебня по морозостойкости согласно проведенным испытаниям соответствует марке F 150.

4) Керамзитовый щебень использовали марки П150 прочностью 3,5 МПа, насыпной плотностью 547 кг/м^3 в соответствии с ГОСТ 32496-2013. «Межгосударственный стандарт. Заполнители пористые для легких бетонов.

Технические условия» (введен в действие Приказом Росстандарта от 30.12.2013 N 2397-ст).

5) Вода для затворения бетонной смеси и приготовления растворов химических добавок проверена на соответствие ГОСТ 23732-2011. «Межгосударственный стандарт. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия» (введен в действие Приказом Росстандарта от 31.05.2012 N 97-ст) ГОСТ 23732.

6) Пластифицирующие добавки в соответствии с ГОСТ 24211-2008. «Межгосударственный стандарт. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» (введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 29.04.2010 N 70-ст) (ред. от 27.11.2015) и ГОСТ Р 56592-2015 Добавки минеральные для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия – Murasan BWA 19, С-3, Вибропор Ж 35 РБ, ЛСТ, Реламикс, ЛМГ, СБ-3.

Жесткость бетонной смеси без добавок и с изучаемыми добавками определяли временем вибрации в секундах, необходимым для выравнивания бетонной смеси и появления цементного теста в отверстиях прибором И.М. Красного [3]. Методом мини-конуса проведены изменения растекаемости цементной суспензии для установления постоянного значения В/Ц, которое и составило 0,35. Для каждой из исследуемых добавок графическим методом по перегибу кривой в максимальном значении расплыва мини-конуса были установлены оптимальные дозировки [4]. При получении равноподвижных смесей при помощи мини-конуса определили снижение водопотребности цементного теста с изучаемыми добавками. Максимальное сокращение воды определяли при помощи графического построения зависимости расплыва мини-конуса от процентного сокращения воды затворения без снижения подвижности цементного теста сопоставляя с контрольным образцом (расплыв 60 мм).

Основная часть. Несомненно, что стены зданий являются ответственной ограждающей

конструкцией и должны отвечать таким необходимым требованиям, как прочность, устойчивость, долговечность, огнестойкость, экологичность, технологичность, обладать звуко- и теплоизоляционными свойствами, соответствовать классу самого здания, но при всем этом мы не должны забывать, что цветовой и конструктивное решение стенового ограждения должно придавать зданию архитектурно-художественную выразительность, быть энергосберегающим элементом здания, иметь сопротивление теплопередаче согласно установленным для данного района строительства теплотехническим нормам,

при этом обеспечивать благоприятный микроклимат в помещениях и обязательно конструкция стены должна удовлетворять и соответствовать современным методам возведения вертикальных ограждающих конструкций.

Согласно проведенному исследованию свойств стеновых материалов, имеющих на современном строительном рынке (табл. 1), объектами изучения были глиняный и силикатный кирпичи, керамзитобетонные и газобетонные блоки (рис. 2) [5].

Таблица 1

Сравнительная характеристика стеновых материалов

Физико-технические показатели	Ед. изм.	Кирпич		Строительные блоки	
		глиняный	силикатный	керамзитобетон	газобетон
Плотность	кг/м ³	1550–1700	1700–1950	750–1200	300–800
Масса 1 м ² стены	кг	1200–1800	1450–2000	500–900	200–300
Теплопроводность	Вт/м°C	0,6–0,95	0,85–1,15	0,5–0,7	0,18–0,28
Морозостойкость	цикл	25	25	35	35
Водопоглощение	% по массе	12	16	18	25
Предел прочности при сжатии	МПа	2,5–25	5–30	3,5–15	2,5–15



Рис. 2. Стеновые материалы

Теория проектирования и возведения современного здания с эффективным использованием энергии является довольно актуальной задачей в настоящее время. При возведении зданий финансовые затраты становятся определяющими по сравнению с другими. Значительное сокращение затрат на строительство, обеспечение необходимой конструктивной безопасности, капитальности, долговечности, снижение материалоемкости и энергоемкости может быть достигнуто посредством применения оптимальных конструктивных решений [6].

Сокращение энергозатрат в процессе эксплуатации зданий и сооружений возможно только в случае применения стеновых конструкций с использованием высококачественных и эффективных теплоизоляционных материалов, к которым можно отнести непосредственно стеновые керамзитобетонные блоки. Применение их в стеновой конструкции обеспечивает улучшение

срока службы здания по сравнению с известными вариантами ограждающих конструкций и улучшение теплотехнических свойств стены [10].

На основании анализа известных вариантов ограждающих конструкций и выполненного теплотехнического расчета основных характерных схем стен жилых зданий для нашего города в последующей работе принимаются стеновые керамзитобетонные камни СКЦ 1Р-100 и СКЦ 2Р-100, в связи с этим были подобраны соответствующие необходимые сырьевые материалы и определен рекомендуемый состав бетона для их изготовления с эффективной пластифицирующей добавкой.

Разработка составов современных стеновых керамзитобетонных высококачественных камней, определение их физико-механических параметров с применением пластифицирующих добавок и подбор эффективной стеновой конструк-

ции с их использованием для современном строительстве по направлению энергосбережения и ресурсосбережения, является актуальным направлением в современном строительстве [8].

Одним из основных сырьевых материалов для изготовления керамзитобетонных блоков является керамзитовый гравий (рис. 3), цемент, мелкозернистый песок и вода [9].



Рис. 3. Керамзитовый песок, щебень, гравий и керамзитобетонный камень марки 100

Керамзитобетонные блоки (рис. 1–3) имеют существенные преимущества по сравнению с керамическим и силикатным кирпичом: удельный вес почти в 2,5 раза ниже, чем при кирпичной кладке, что приводит к уменьшению нагрузки на фундамент; содержание цемента в керамзитобетонной кладке значительно ниже, чем при кирпичной, что приводит к снижению затрат на строительство; один керамзитобетонный блок по объёму заменяет семь кирпичей, что существенно ускоряет сроки строительства; по своим экологическим свойствам керамзитобетонные блоки стоят в одном ряду с керамическим кирпичом, так как для их производства используется исключительно натуральное, экологически чистое природное сырьё; теплоизоляционные свойства керамзитобетонных блоков делают их предпочтительней при использовании как в тёплых, так и в холодных климатических условиях. В качестве недостатков керамзитобетонных блоков по сравнению с тяжёлым бетоном и кирпичом можно отметить тот факт, что они обладают достаточно высокой пористостью и хрупкостью, что приводит к снижению их физико-механических показателей, таких как прочность, морозостойкость, плотность.

В качестве вяжущего материала применялся портландцемент ПЦ500ДО (ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 30515). Марка цемента определялась пределом прочности при изгибе образцов-балочек $40 \times 40 \times 160$ мм и сжатию их половинок из раствора состава 1:3 со стандартным монофракционным песком, изготовленных и твердевших в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4 и испытанных через 28 суток с момента изготовления. Предел прочности при изгибе составил не менее 5,9 МПа, при сжатии - не менее 49 МПа. Массовая доля ангидрида серной кислоты по ГОСТ не превышает 3,5 % по массе. Тонкость помола цемента при просеивании пробы цемента сквозь сито с сеткой № 008 по ГОСТ 6613 проходит не менее 85 % от веса пробы. Начало схватывания наступило не ранее 45 мин., а конец - не позднее 10 часов от начала затворения.

Изначально исследовали минеральный и вещественный состав вяжущего, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 31108–2003. Рентгенограмма цемента представлена на рис. 4.

Химический (определяемый по ГОСТ 5382–91) и минералогический составы вяжущего представлены в табл. 2 и 3.

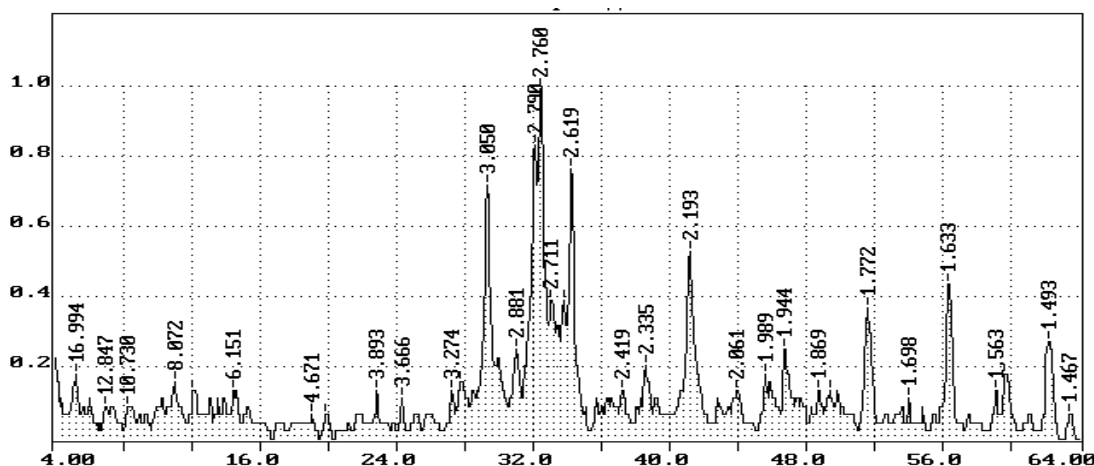


Рис. 4. РФА ЦЕМ I 42,5 Н

Таблица 2

Химический состав вяжущего марки ЦЕМ I 42,5 Н, мас. %

Вид вяжущего	SiO ₂ , %	CaO, %	Al ₂ O ₃ , %	Fe ₂ O ₃ , %	CaO св., %	MgO, %	SO ₃ , %	R ₂ O, %
ЦЕМ I 42,5 Н	22,50	67,22	4,70	4,41	0,31	0,42	2,44	0,61

Таблица 3

Минералогический состав вяжущего марки ЦЕМ I 42,5 Н, мас. %

Вид вяжущего	C ₃ S, %	C ₂ S, %	C ₃ A, %	C ₄ AF, %
ЦЕМ I 42,5 Н	65,2	18,0	5,1	12,4

В качестве мелкого заполнителя для приготовления керамзитобетонных камней бетонных стеновых использовался также керамзитовый песок марки М700. В таких песках не должно быть посторонних засоряющих примесей (рис. 5). Как известно керамзитовый песок является заполнителем для легких бетонов и растворов с размером частиц от 0,14 до 5 мм, который получают при

обжиге глинистой мелочи во вращающихся и шахтных печах или же дроблением более крупных кусков керамзита, а также отсеиванием отходов в процессе производства керамзита.

В качестве крупного заполнителя использовали керамзитовый щебень, получаемый путем дробления крупных кусков вспученной массы керамзита (рис. 5).



Рис. 5. Керамзитовый гравий, щебень и песок

В ходе подбора характеристик сырьевых материалов была определена прочность пористого заполнителя, которая является важным показателем его качества, путем сдавливанием зерен в цилиндре стальным пуансоном на заданную глубину. Под действием нагрузки прежде всего происходит уплотнение гравия за счет некоторого смещения зерен и их более компактной укладки. Результаты испытаний керамзитового щебня представлены в табл. 4.

В ходе проведения исследований измерялась растекаемость цементной суспензии при помощи

мини-конуса для определения постоянного значения водоцементного отношения, которое и составило В/Ц=0,35.

Предварительно было установлено исходное, необходимое значение водоцементного отношения (В/Ц), равное 0,35 ($d_0=60$ мм). Таким образом, установленное количество воды будет использоваться для определения оптимальных дозировок исследуемых добавок (100 г цемента + 35 мл воды + добавка 0,1; 0,2; 0,3; 0,4...% от массы цемента в пересчете на сухое вещество).

Таблица 4

Результаты испытаний керамзитового щебня

Насыпная плотность, (кг/м ³)	Предел прочности при сдавливании в цилиндре, МПа, не менее	Марка по прочности	Диаметр отверстий контрольных сит, мм и остатки на них, %		
			7,6	5	дно
544	3,5	П150	49,4	39,9	4,7
550	3,5	П150	47,9	37,9	4,2
540	3,5	П150	46,8	38,6	4,5
548	3,5	П150	50,1	40,3	4,6
550	3,5	П150	49,8	39,8	4,5

Согласно ГОСТ 24211-2003 «Добавки для бетонов и растворов. Общие технические условия» п. 3: «Добавка – это продукт, вводимый в бетонные и растворные смеси с целью улучшения их технологических свойств, повышения

строительно-технических свойств бетонов и растворов и придания им новых свойств». Введение добавок в бетонную смесь улучшает технологические, механические и реологические свойства

бетонов. Другими словами, улучшаются свойства бетонных и растворных смесей от момента изготовления, транспортирования до укладки в опалубку и уплотнения, оптимально регулируются сроки и механизмы твердения искусственных конгломератов, улучшается их структура и конечные характеристики [10].

Задача повышения эффективности и качества бетона и железобетона была и остается весьма актуальной и в полной мере не может быть успешно решена без использования в технологии бетона химических добавок. Химические добавки, являясь одним из самых простых и доступных технологических приемов совершенствования свойств бетона, позволяют существенно снизить уровень затрат на единицу продукции, повысить качество и эффективность большой номенклатуры железобетонных конструкций, увеличить срок службы как конструкций, так и зданий и сооружений в целом [11].

Поэтому применение химических добавок в технологии бетона в мировой практике уделяется огромное внимание. Воздействуя на процессы формирования структуры, особенно на начальной (коагуляционной) стадии, СП изменяют реологические свойства цементной системы, способствуют сокращению ее водопотребности, что в дальнейшем отражается на параметрах кристаллизационной структуры. Таким образом, можно предположить, что, механизм действия суперпластификаторов заключается в физической адсорбции макромолекул на активных центрах вяжущего, приводящей к снижению внутреннего трения частиц твердой фазы, а также ее

диспергации. В последующем, в результате появления и накопления в системе гидроксида кальция происходит химическое взаимодействие функциональных групп СП с гидроксидом кальция, приводящее к нейтрализации молекул и увода их с поверхности цементных зерен.

Оптимальную дозировку исследуемых пластифицирующих добавок определяли в соответствии с методикой определения пластифицирующей способности. Изготовили серию цементных паст с консистенцией суперпластификатора 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 %; 0,5 % – 0,9 % от массы цемента (в расчете на сухое вещество), сохраняя принятое водоцементное отношение, и определяли значения распыла миниконуса. По полученным результатам построены графики зависимости количества добавки от диаметра распыла миниконуса и определены минимальные дозировки, при которых достигается максимальный пластифицирующий эффект, то есть при выходе кривой на насыщение (рис. 6). Поочередно вводя различные дозировки добавок (0,1 %; 0,2 %; 0,3 %; 0,35 %; 0,4 %; 0,45 %; 0,5 % – 0,9 % по массе сухого вещества), измеряли при этом соответствующий распыл миниконуса. Замеры производили до тех пор, пока величина распыла миниконуса не достигнет максимального значения и последующие измерения будут меньше. Таким образом графически по перегибу кривой в максимальном значении распыла миниконуса для каждой исследуемой добавки определили оптимальные дозировки (рис. 6).

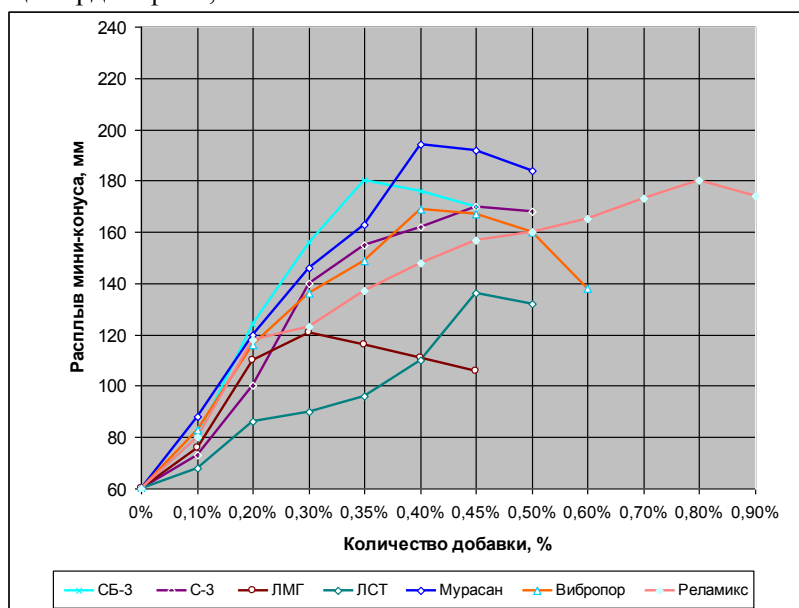


Рис. 6. Зависимость распыла миниконуса цементного теста от количества добавок

На рис. 6 показаны графики влияния добавок на распыл миниконуса. Как видно, все кривые имеют S – образный характер. В области малых

дозировок пластификация проявляется незначительно, затем с ростом дозировок распыл резко

увеличивается и при дальнейшем увеличении дозировок исследуемых добавок становится практически постоянным. Такая же S – образность характерна и для других суперпластификаторов и проявляется так же при испытании по методу большого конуса. Исследуемые добавки являются суперпластификаторами.

Пластифицирующая активность, которую определяют, как дозировку суперпластификатора, необходимую для достижения максимального разжижающего эффекта, составляет для СБ-3, С-3, ЛМГ, ЛСТ, Мурансан, Вибропор и Реламикс соответственно, 0,35; 0,45; 0,3; 0,45; 0,4; 0,4 % и 0,8% от массы цемента (рис. 6). Данная оптимальная дозировка определяется концентрацией суперпластификатора, при которой наблюдается перегиб кривой и выход на максимальный распыл мини-конуса.

Методом мини-конуса удобно также оценить снижение водопотребности цементного теста с добавками при получении равноподвижных

смесей. На рис. 7 показана зависимость подвижности цементного теста с оптимальными дозировками суперпластификаторов от водосокращения. Подвижность контрольного образца без добавки составляла 60 мм. С помощью этого же метода определяли максимально-возможное сокращение количества воды без снижения подвижности цементного теста по сравнению с контрольным образцом ($d_0=60$ мм). Для определения максимально-возможного сокращения количества воды затворения брали 100 г цемента + оптимальная дозировка добавки $C_{\text{опт}}$ + вода, удовлетворяющая минимальному значению площади распыла мини-конуса $d_0 = 40$ мм. Максимально-возможное количество воды определяли опытным путем – для этого был построен график зависимости распыла мини-конуса от процентного сокращения воды затворения (рис. 7) [12].

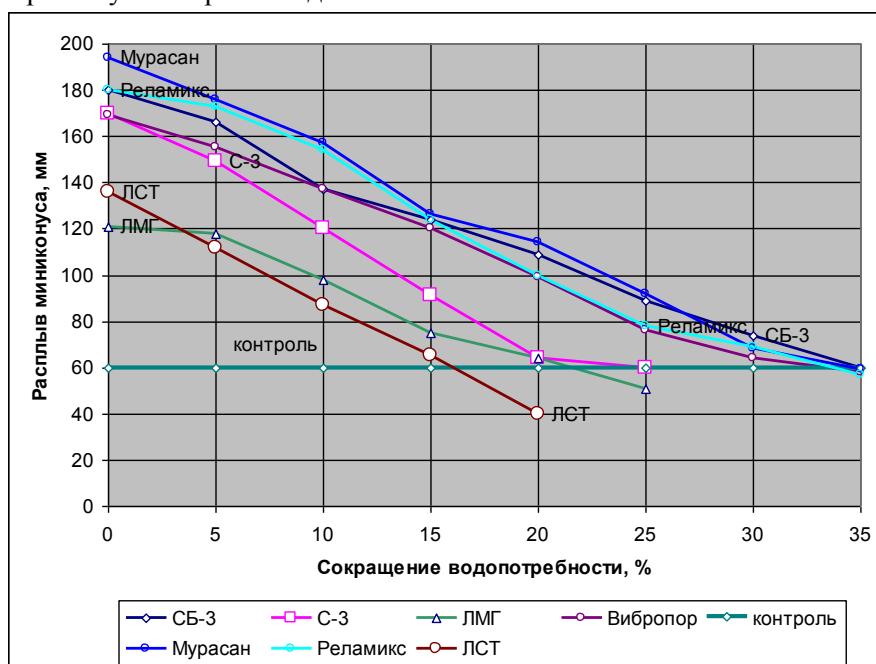


Рис. 7. Сокращение водопотребности цементного теста с добавками

При использовании суперпластификаторов происходит снижение водопотребности до 35 %. Следовательно, при использовании суперпластификаторов для повышения подвижности бетонной смеси, можно отметить, что добавки СБ-3, Мурансан, Вибропор и Реламикс более эффективны чем известная добавка С-3. Таким образом, в дальнейшем экспериментальные работы по исследованию прочностных показателей керамзитобетонных камней бетонных стеновых, изготовленных методом вибропрессования, будут проводиться непосредственно с добавками СБ-3, С-3, ЛМГ, Мурансан, Вибропор и Реламикс [13].

Качество керамзитобетонных камней стеновых и их работа определяются его свойствами. Одной из важнейших характеристик бетона является его прочность при сжатии. Прочность керамзитобетонных камней стеновых является интегральной характеристикой, которая зависит от свойств компонентов, его состава, условий приготовления, твердения, эксплуатации и испытания [14]. В табл. 5 представлены результаты испытаний камней керамзитобетонных типа СКЦ-1 М100 марки по прочности М100 с исследуемыми добавками.

Таблица 5

Результаты испытаний камней СКЦ-1 марки М100

№ п/п	Возраст бетона	Геометрические размеры, см	Вес, кг	Показатель прессы, кН	Предел прочности при сжатии, кгс/см ²
с добавкой Муран					
1	проектный	39,0×19,0×18,8	16,9	711,3	96
2		39,0×19,0×18,8	17,1	700,3	95
3		39,0×19,0×18,8	16,7	724,0	98
4		39,0×19,0×18,6	16,6	702,6	95
5		39,0×19,0×18,8	17,3	695,0	94
6		39,0×19,0×19,0	17,0	699,2	94
с добавкой Вибропор					
1	проектный	39,0×19,0×18,8	16,7	700,3	95
2		39,0×19,0×18,8	16,6	718,8	97
3		39,0×19,0×18,8	16,5	700,3	95
4		39,0×19,0×18,8	16,4	695,0	94
5		39,0×19,0×18,8	16,7	695,0	94
6		39,0×19,0×18,8	16,7	695,0	94
с добавкой Реламикс					
1	проектный	39,0×19,0×18,8	16,7	700,3	95
2		39,0×19,0×18,8	16,3	695,0	94
3		39,0×19,0×18,8	16,5	689,1	93
4		39,0×19,0×18,8	16,6	695,0	94
5		39,0×19,0×18,8	16,7	681,7	92
6		39,0×19,0×18,8	16,5	689,1	93
с добавкой ЛМГ					
1	проектный	39,0×19,0×18,8	16,5	681,7	92
2		39,0×19,0×18,8	16,5	674,3	91
3		39,0×19,0×18,8	16,6	666,9	90
4		39,0×19,0×18,8	16,6	681,7	92
5		39,0×19,0×18,8	16,7	681,7	92
6		39,0×19,0×18,8	16,6	666,9	90
с добавкой С-3					
1	проектный	39,0×19,0×18,8	16,8	637,3	86
2		39,0×19,0×18,8	16,9	644,7	87
3		39,0×19,0×18,8	16,7	622,4	84
4		39,0×19,0×18,8	16,7	622,4	84
5		39,0×19,0×18,8	16,8	615,0	83
6		39,0×19,0×18,8	16,6	607,6	82
с добавкой СБ-3					
1	проектный	39,0×19,0×18,8	16,6	700,3	95
2		39,0×19,0×18,8	16,7	711,3	96
3		39,0×19,0×18,8	16,8	718,8	97
4		39,0×19,0×18,8	16,6	700,3	95
5		39,0×19,0×18,8	16,6	711,3	96
6		39,0×19,0×18,8	16,7	700,3	95

По результатам испытаний установлено, что предложенные составы позволяют получать стеновые материалы с заданными прочностными характеристиками.

В сложившихся рыночных отношениях важно оценивать применение добавок и с экономической точки зрения [8]. Выполненный расчет экономической эффективности с применением добавок показал, что использование добавки СБ-3 и Мурасан ведет к более значительному

снижению себестоимости 1 м³ бетона, нежели использование добавок С-3, Вибропор Ж 35 РБ, Лигносальфонат технический "ЛСТ", Реламикс, ЛМГ. Этот эффект достигается за счет способности данных добавок экономить большее количество вяжущего, причем эта добавка позволяет получать бетон с улучшенными физико-механическими характеристиками. Составы бетона для изготовления камней стеновых представлены в табл. 6.

Таблица 6

Состав бетона камня стенового типа СКЦ1Р100

Наименование	ед.изм	кол-во, на м ³ смеси	на 1 шт
Стеновой камень СКЦ1Р100			
Добавка BWA-19	кг		0,0000
Песок Курск	тн	0,350	0,0040
Цемент 500	тн	0,380	0,0027
Щебень керамзитовый	тн	0,5500	0,0055
Вода	м ³	0,1630	0,0014
Стеновой камень СКЦ2Р100			
Добавка BWA-19	кг		
Песок Курск	тн	0,370	0,0021
Цемент 500	тн	0,400	0,0014
Щебень керамзитовый	тн	0,5500	0,0029
Вода	м ³	0,2200	0,0007

Таким образом в ходе проведения исследований установлено, что предложенные составы позволяют получать стеновые материалы с заданными прочностными характеристиками.

Качество и свойства используемых строительных материалов, изделий и конструкций существенно влияет на качество возводимых зданий и сооружений. Наибольшей востребованностью на рынке строительных материалов нашего региона пользуются блоки и камни бетонные стеновые. Их изготавливают из ячеистых бетонов, керамзитобетона, тяжелых и мелкозернистых бетонов и др. Ассортимент камней бетонных стеновых включает полнотелые и пустотелые изделия с различной пустотностью. Необходимо в очередной раз отметить, что сочетание отличных эксплуатационных характеристик, их экологичности и безусловно наибольшей доступностью сырьевых компонентов, позволяет обширно использовать их в прогрессивном строительстве.

Большая роль в обеспечении качества строительства и непосредственно используемых стеновых материалов и конструкций отводится контролю: в результате контроля мы получаем достоверную информацию о качестве продукции и можем принимать обоснованные решения по его управлению. Камни бетонные стеновые СКЦ выпускаются ведущими предприятиями по производству строительных материалов, изделий и конструкций в нашем регионе по техническим условиям, разработанным с учетом требований ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые. Технические условия». Одной из важнейших характеристик этих изделий является конечно же прочность при сжатии.

Таким образом, вибропрессованные камни бетонные стеновые обладают достаточными эксплуатационными характеристиками, что в свою

очередь позволяет успешно конкурировать с таким известным строительным материалом как силикатный кирпич.

В ходе работы определено необходимое количество воды для определения оптимальных дозировок исследуемых добавок (СБ-3, С-3, ЛМГ, ЛСТ, Муран, Вибропор и Реламикс) ($V = 35$ мл при распыле миниконуса $d_0 = 60$ мм).

По точке перегиба кривых зависимостей распыла мини-конуса от количества вводимых добавок установлены их оптимальные значения. Пластифицирующая активность, которую определяют, как дозировку суперпластификатора, необходимую для достижения максимального разжижающего эффекта, составляет для СБ-3, С-3, ЛМГ, ЛСТ, Муран, Вибропор и Реламикс соответственно, 0,35, 0,45, 0,3, 0,45, 0,4, 0,4 % и 0,8 % от массы цемента. Данная оптимальная дозировка определяется концентрацией суперпластификатора, при которой наблюдается перегиб кривой и выход на насыщение.

Установлено, что при использовании суперпластификаторов происходит снижение водопотребности до 35 %. Следовательно, при использовании суперпластификаторов для повышения подвижности бетонной смеси, можно отметить, что добавки СБ-3, Муран, Вибропор и Реламикс более эффективны чем известная добавка С-3.

На основании многочисленных экспериментальных данных можно резюмировать, что улучшение физико-механических характеристик керамзитобетонных камней может быть достигнуто правильно подобранной добавкой в составе сырьевой смеси.

Заключение. Таким образом, современное энерго- и ресурсосберегающее строительство предъявляет особые требования к используемым строительным материалам. Как правило тради-

ционно применяемые в капитальном строительстве материалы не в полной мере отвечают возросшим требованиям в плане теплоэффективности ограждающих конструкций, энергосбережения и снижения себестоимости строительных работ. В условиях значительного увеличения цен на энергоносители необходимость возведения зданий и сооружений, в полной мере отвечающих современным теплотехническим нормам и требованиям, представляется особенно актуальной. Несомненными лидерами среди теплоэффективных стеновых материалов по праву являются керамзитобетонные камни стеновые. Мелкоштучные стеновые камни, блоки, панели и плиты из этих материалов активно используются как в малоэтажном, так и многоэтажном домостроении. Перед технологами и проектировщиками стоит актуальная задача в разработке и применении более энергоэффективных, экологических, экономичных, легких, но при всем этом долговечных, негорючих строительных материалах, изделий и конструкций, что в свою очередь даст возможность в последующем возводить из них здания и сооружения абсолютно всех типов, отвечающие современным нормам и требованиям.

**Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РААСН. Концепция проектирования и строительства жилых домов нового поколения // Новые материалы, конструкции, оборудование и технологии в строительном комплексе Москвы / ТИ КАСРРГ. 01.02.2000.
2. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113-116.
3. Гридчин А.М., Косухин М.М., Лесовик Р.В. Строительное материаловедение. Бетонведение: лабораторный практикум. 2-е изд., перераб. и доп. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. 366 с.
4. Косухин М.М. Регулирование свойств бетонных смесей и бетонов комплексными модификаторами с разными гидрофильными группами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. 194 с.
5. 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.
6. Бабков В.В., Сахибгареев Р.Р., Колесник Г.С. и др. Рациональные области применения модифицированных бетонов в современном строительстве // Строительные материалы. 2006. № 10. С. 20-22.
7. Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Алимов Л.А. и др. Мелкозернистые бетоны. Учебное пособие. М.: МГСУ, 1998. 148 с.
8. Денисова Ю.В., Косухин М.М., Попова А.В., Шаповалов Н.А., Лещев С.И., Каморова Н.Д. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцин-формальдегидных олигомеров // Строительные Материалы. 2006. №10. С. 32-33.
9. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с.
10. Shapovalov N.A., Denisova J.V., Poluektova V.A. Biocidal research of oxyphenolic modifiers for fungicidal properties // International Journal of Pharmacy & Technology. 2016. Т. 8. № 4 С. 24976-24986.
11. Poluektova V.A., Shapovalov N.A., Gorodov A.I. Modifiers On The Base Of Oxyphenol Chemical Production Waste For The Industrial Mineral Suspensions // International journal of applied engineering research. 2015. Т. 10. № 21. С. 42654-42657.
12. Шаповалов И.В., Огрель Л.Ю., Косухин М.М., Павленко В.И., Попова Ю.В., Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А. Фунгицидный модификатор минеральных строительных композиций. Патент 2235695 РФ. Оpubл. 07.10.02 С. 6.
13. Шаповалов И.В., Огрель Л.Ю., Косухин М.М., Павленко В.И., Попова Ю.В., Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А. Фунгицидный модификатор минеральных строительных композиций // Экологические системы и приборы. 2006. №4. С. 50-51.
14. 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.

Информация об авторах

Денисова Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций.

E-mail: jdenisowa@mail.ru

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

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

Поступила в ноябре 2017 г.

© Денисова Ю.В., 2018

J.V. Denisova**INFLUENCE OF PLASTICIZERS ON THE STRENGTH OF THE CONCRETE
VIBROPRESSED WALL STONES**

Physico-mechanical properties of stench materials affect the durability of the constructed evaluation of buildings. Good performance of these materials, and availability of raw materials for manufacture, allow to use them widely in low-rise construction, the development of which is associated with the national project "housing Dt - Graham of Russia." Before technologists and designers have a very critical task in the development and application of more energy-efficient, eco-friendly, economical, lightweight, but durable, non-combustible building materials, products and structures, which in turn will give the possibility to build one building and facilities all the types that meet modern standards and requirements. The article presents the results of the tests of CS indicators stench carton materials, Listen by Vibrio-compression, with the use of additives.

Keywords: *properties, concrete, wall material, concrete, cement, stone, strength, plasticizer, vibropress-ovoe, dosage, Supplement homogeneity.*

Information about the authors

Julia V. Denisova, PhD, Assistant professor.

E-mail: jdenisowa@mail.ru.

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

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

Received in November 2017

Подольский В.П., д-р техн. наук, проф.,
Лобода А.В., д-р физ.-мат. наук, проф.,
Аль Аддесс Мохаммед Хашим, аспирант

Воронежский государственный технический университет

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫНОСА ЧАСТИЦ БИТУМА ИЗ ВЕРХНЕГО СЛОЯ КОЛЕСАМИ ТРАНСПОРТА

ecodor@bk.ru

Одним из факторов, влияющих на срок службы асфальтового покрытия, является концентрация битума в этом покрытии. Поэтому исследование и прогнозирование изменения этой концентрации важны при оценке срока службы покрытия, в том числе, при использовании асфальтового гранулята и битумных эмульсий.

Для восстановления изношенной верхней части дорожной конструкции на основе органических вяжущих и обеспечения требуемых значений коэффициента сцепления устраивается поверхностная обработка. Периодичность её устройства зависит от скорости утраты работоспособности дорожного покрытия в процессе эксплуатации. Поэтому необходимо определить скорость вымывания вяжущего из верхнего слоя.

Ключевые слова: поверхностная обработка дорог, концентрация битума, диффузия, катионо-активная эмульсия.

Одним из факторов, влияющих на срок службы асфальтового покрытия, является концентрация битума в этом покрытии. Поэтому исследование и прогнозирование изменения этой концентрации важны при оценке срока службы покрытия, в том числе, при использовании асфальтового гранулята и битумных эмульсий.

Разумеется, в реальных условиях в работающем дорожном полотне происходят различные процессы, связанные с его нагружением, климатическими и другими периодическими, а также разовыми воздействиями. На эксплуатируемых автомобильных дорогах поверхностную обработку устраивают участках, где происходит его быстрое разрушение. Если суммарная площадь дефектов покрытия за период эксплуатации достигла 10 %, то рекомендуется устройство обработки. Появление дефектов на покрытии свидетельствует о низком качестве материала покрытия, а также вымывании битума из поверхностного слоя.

О прогнозировании срока службы асфальтового покрытия. Поэтому попытка адекватного описания именно концентрации битума в асфальтовом слое не может считаться всеобъемлющим ответом на вопрос о долговечности дорожного полотна. В то же время достаточно важными являются получение функциональной зависимости такой концентрации от времени и нескольких других естественных параметров и, в частности, оценка времени достижения концентрации некоторого порогового (минимально до-

пустимого) значения. Такая оценка может рассматриваться в качестве одной из (завышенных) оценок срока службы полотна.

Ниже исследуется уравнение диффузии битума при условии «вымывания» его из верхнего слоя асфальтового покрытия и непроницаемости нижнего слоя

$$\frac{\partial}{\partial t} U = a^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} U \right) \quad (1)$$

В предлагаемой модели вынос частиц битума из верхнего слоя дорожного полотна осуществляется колесами проезжающих машин.

Поэтому естественным является дополнение уравнения диффузии смешанным краевым условием

$$\frac{\partial}{\partial t} U = kU \quad (2)$$

на верхнем слое покрытия, т.е. при $x=0$. Коэффициент k в этом условии можно варьировать достаточно широко. Например, можно считать его зависящим от времени года, суток, от температуры воздуха, прилегающего к дорожному полотну (в условиях республики Ирак эта температура, достигающая до 60 градусов и выше, является существенным фактором, влияющим на сроки износа дорожного полотна).

Однако в пределах достаточно длительных промежутков времени можно учитывать названные факторы в рамках постоянного коэффициента k , принимающего различные, но фиксированные значения. Более существенным может оказаться учет изменения коэффициента k в зави-

симости от интенсивности транспортного потока. Например, при увеличении такой интенсивности в два раза естественно увеличить также в два раза абсолютное значение коэффициента k (отметим, что сам этот коэффициент всегда является отрицательным).

На нижнем слое обсуждаемого асфальтового покрытия естественно считать выполненным условие его непроницаемости для битума, записываемое в виде

$$\frac{\partial}{\partial t} U = 0 \quad (3)$$

Два таких краевых условия естественно дополнить начальным условием, фиксирующим начальную концентрацию битума по всей толщине рассматриваемого слоя. Мы будем считать, что в начальный момент времени битум равномерно распределен по всей толщине слоя покрытия и имеет концентрацию U_0 .

Таким образом мы получаем формальную математическую задачу

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} U &= a^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} U \right) \\ \frac{\partial}{\partial t} U &= kU \\ \frac{\partial}{\partial t} U &= 0 \\ U(x, 0) &= U_0 \end{aligned} \quad (4)$$

об изменении концентрации $U(x, t)$ вещества в рамках одномерного (изменяющегося только в зависимости от глубины расположения частицы вещества) распределения.

Отметим, что для решения такой задачи в настоящее время разработано большое количество подходов. Мы используем один из самых простых методов, а именно метод конечно-разностных схем. Значения коэффициентов, входящих в формулы (4), ниже приняты равными

$$kl := -0.1, \quad a := 0.5. \quad (5)$$

При этом, пользуясь линейностью, удобно рассматривать задачу в безразмерном виде, оперируя не настоящими (физическими) значениями, а их унифицированными аналогами. Например, можно принять величину U_0 за 100 % и вести дальнейшие обсуждения концентрации в долях (процентах) от этой величины. Соответственно, изучаем процесс диффузии до достижения величиной $U(x, t)$ критического значения αU_0 , где $0 < \alpha < 1$ – назначенное заранее пороговое значение (например, ниже это значение принимается равным 0.5).

Аналогично толщину слоя асфальтового покрытия можно измерять не в метрах или его до-

лях, а в долях «абстрактной» линейной меры, полагая, например, толщину рассматриваемого слоя равной 10 абстрактным единицам длины (в нашей работе одна абстрактная единица длины соответствует 7,5 мм, а толщина всего слоя покрытия принимается равной 75 мм).

В самом простом (явном) случае основой конечно-разностной схемы для решения параболического уравнения (1) и краевой задачи (4) для него является явный 4-точечный шаблон. В нем используются приближения

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} U \right) (i, j) \approx \frac{1}{\tau} (U_{i+1, j} - U_{i, j})$$

и

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} U \right) (i, j) \approx \frac{1}{h^2} (U_{i, j-1} - 2U_{i, j} + U_{i, j+2}) \quad (6)$$

для сеточных значений изучаемой функции $U(x, t)$. Дифференциальное уравнение (1) заменяется его сеточным аналогом

$$U_{j+1, k} := U_{i, k} + a^2 \cdot s \cdot (U_{i, k-1} - 2U_{i, k} + U_{i, k+1}), \quad (7)$$

где τ, h – шаги разбиений по времени и по глу-

бине соответственно, $s = \frac{\tau}{h^2}$ – рабочий параметр конечно-разностной схемы.

Устраивая разбиения с достаточно мелкими шагами и опираясь на теорию конечно-разностных схем (см., например, [1]), можно получать приближенные решения задачи (4) с достаточно хорошей точностью. Отметим, что известные недостатки типа неустойчивости явной конечно-разностной схемы можно устранить, используя ее неявный аналог. Впрочем, полученные и приведенные ниже результаты вычислений показывают, что в исследуемой задаче эффект неустойчивости практически не наблюдается.

Ниже приведены графики зависимости концентрации битума от глубины погружения в слой покрытия через разные промежутки времени. Здесь 250 временных единиц приблизительно соответствуют одному году, а весь набор графиков охватывает промежуток в 8 условных лет.

$$> \text{plot}(\{B0, B250, B500, B1000, B2000\}, x = -10..0)$$

Ясно, что в процессе «вымывания» битума из верхнего слоя и диффузии его из нижних слоев асфальтового покрытия минимальной всегда будет концентрация битума на верхнем слое, соответствующем нулевой глубине. График уменьшения этой минимальной концентрации (в зависимости от условных лет) приведен на следующем рисунке 1.

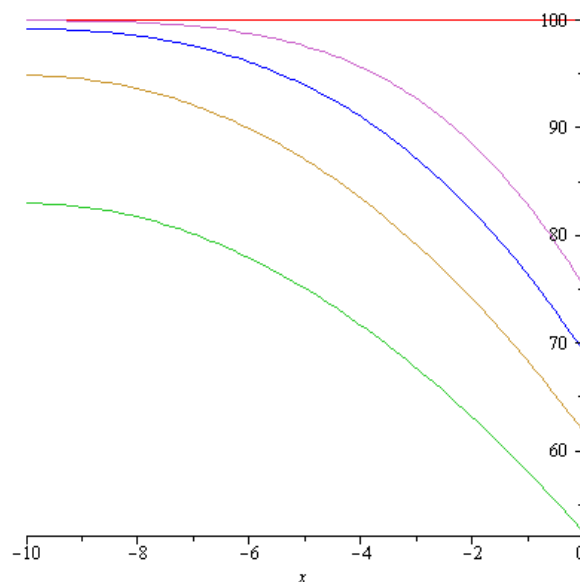


Рис. 1. Зависимость концентрации битума от глубины погружения в слой покрытия

На его основе можно прогнозировать срок работоспособности дорожного полотна. Как отмечалось выше, концентрацию битума в верхнем слое, меньшую некоторого критического значения (например, меньше 60 или 50 % от началь-

ной), можно считать соответствующей разрушению покрытия. Ниже приведен также вид экспоненциальной формулы, аппроксимирующей полученную зависимость (на промежутке от начала эксплуатации дорожного полотна до 4-х условных лет). Формула

$$U = \exp(4.545710954 - 0.1655032732t + 0.01186100494t^2)$$

как и все предыдущие вычисления и приведенные графики, получена в пакете символьной математики Maple (здесь t – время в условных годах).

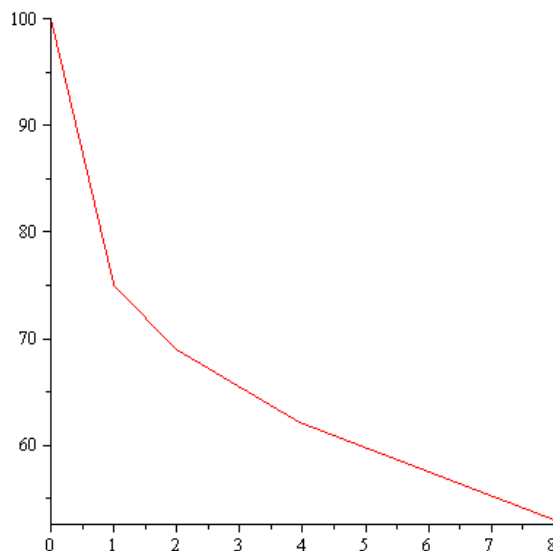


Рис. 2. Зависимость концентрации битума в верхнем слое от времени эксплуатации

Одним из основных способов повышения работоспособности и сопротивления дорожного покрытия скольжению шины, т.е. обеспечения требуемых значений коэффициента сцепления, является создание шероховатой поверхности,

или слоев износа.

Шероховатой называют поверхность дорожного покрытия, образуемую равномерно чередующимися выступами скелетных частиц и впади-

нами между ними, а также собственной шероховатостью выступов и впадин либо специально созданными бороздками на поверхности покрытия.

Шероховатость, создаваемую зёрнами прочной горной породы называют макрошероховатостью.

Макрошероховатость (далее по тексту «шероховатость») покрытия характеризуют тремя основными параметрами:

- средней высотой выступов R_z , мм;
- средней глубиной впадин $H_{ср}$, мм;
- коэффициентом шага шероховатости $K_{ш} = \frac{H_{ср}}{R_z}$,

Рекомендуемые типы шероховатых покрытий для условий республики Ирак и параметры шероховатости приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип шероховатых покрытий	Условные обозначения	Параметры шероховатости	
		Средняя высота выступов R_z , мм	Средняя глубина впадин $H_{ср}$, мм
Мелкошероховатые	М шер	$> 0.5 \leq 3.0$	$> 0.25 \leq 1.5$
Среднешероховатые	С шер	$> 3.0 \leq 6.0$	$> 1.0 \leq 3.0$

Минимально допустимые на протяжении всего срока эксплуатации значения коэффициентов продольного сцепления и средней глубины впадин шероховатости, принимаются по табл. 2.

Сцепные качества и шероховатость покрытий характеризуются коэффициентом сцепления K_s ,

который определяется как отношение фактического коэффициента продольного сцепления к допустимому значению по условиям безопасности движения (табл. 2). Покрытие по сцеплению соответствует требованиям безопасности движения, если $K_s \geq 1$

Таблица 2

Условия движения	Характеристики участков ДОРОГ	Коэффициент сцепления при скорости 60 км/час	Средняя глубина впадин макрошероховатости $H_{ср}$, мм
Легкие	Участки прямые или кривые радиусом 1000 м и более, горизонтальные или с уклоном не более 300 %, с элементами поперечного, профиля, установленными для дорог соответствующих категорий и с укрепленными обочинами без пересечений в одном уровне и примыканий при коэффициенте загрузки не более 0.3	$\frac{0.35}{0.28}$	0.35
Затрудненные	Участки на кривых в плане с радиусами 250–1000 м; на спусках и подъемах с уклонами от 30 до 60 %. Участки в зонах сужения проезжей части (при реконструкции), а также участки дорог, отнесенные к легким условиям движения, при коэффициенте загрузки 0.3–0.5	$\frac{0.40}{0.30}$	0.4
Опасные	Участки с видимостью менее расчетной (для соответствующих категорий дорог); на спусках и подъемах с клонами более при длине более 100 участки в зонах пересечения в одном уровне, а также участки, отнесенные к легким и затрудненным условиям при коэффициенте загрузки свыше 0.5	$\frac{0.45}{0.32}$	0.45

При износе и появлении дефектов на асфальтобетонных покрытиях следует устраивать одностороннюю поверхностную обработку. Для поверхностной обработки применяют: вязкие дорожные

битумы; и битумные эмульсии, отвечающие нормативным требованиям.

Поверхностные обработки на эмульсиях

прямого типа ЭБК-1 и ЭБК-2 устраивают на дорогах II–IV категории. При устройстве поверхностной обработки с использованием битумных эмульсий на дорогах II технической категории следует использовать прямые быстрораспадающиеся катионные полимерно-битумные эмульсии которые получают путем эмульгирования ПБВ.

Работы по поверхностной обработке проводят в сухую тёплую погоду. Температура воздуха при применении вязких битумов должна быть не ниже 15 °С, катионных эмульсий – не ниже 5 °С.

При устройстве поверхностной обработки с использованием битумных эмульсий следует применять прямые быстрораспадающиеся катионные эмульсии классов ЭКБ-1 и ЭКБ-2 и быстрораспадающиеся катионные полимерно-битумные эмульсии. Черный щебень следует готовить в смесителе принудительного или свободного перемешивания, обеспечивающих дозирование всех компонентов. Продолжительность перемешивания щебня с вяжущим в смесителях с циркуляционной схемой движения материалов 20–40 секунд. В смесителях с противоточной схемой движения материалов время перемешивания должно быть увеличено в 1,5–2,0 раза. Перемешивание щебня с прямой эмульсией ЭКБ-2 следует прекращать после полного введения в мешалку необходимого количества эмульсии.

К устройству поверхностной обработки приступают после устранения всех имеющихся повреждений и деформаций на покрытии (выбоин, просадок, наплывов, трещин и др.) и тщательной очистки покрытия от пыли и грязи. В отдельных случаях при невозможности обеспечить требуемую чистоту покрытия, рекомендуется его подгрунтовать путём розлива жидкого битума по норме 0,3–0,5 л/м²

Основной розлив вяжущего осуществляют на половине проезжей части в один приём без пропусков и разрывов. При возможности обеспечения объезда розлив вяжущего выполняют по всей ширине проезжей части. Температуру и концентрацию эмульсии следует устанавливать в зависимости от погодных условий. При температуре воздуха ниже +20 °С следует применять эмульсию с концентрацией битума 55–60 % и температурой её +40–50 °С. При температуре воздуха выше +20 °С подогревать эмульсию не следует, а концентрация битума может быть снижена до 50 %.

В начале и конце участка, когда автогудронатор набирает скорость и тормозит, может возникнуть неравномерное распределение вяжущего. Поэтому в начале и конце участка на протяжении 2–3 м покрытие закрывают рулонным материалом или песком слоем 1–2 см. После окончания розлива защитные материалы убирают.

На участках с продольным уклоном розлив вяжущего производят при движении автогудронатора на подъём.

По нанесённому тонкому слою вяжущего распределяют щебень механизированным способом слоем в одну щебенку и немедленно укатывают катком (10 т) за пять – шесть проходов по одному. Для лучшего формирования поверхностной обработки целесообразно применять самоходные катки на пневматических шинах или катки с обрешеченными металлическими вальцами.

Нормы расхода органических вяжущих и минеральных материалов при поверхностных работах приведены в табл. 3.

Таблица 3

Способ обработки	Фракция щебня, мм	Расход щебня		Расход вяжущего, л/м ²
		кг/м ²	м ³ /100 м ²	
Одиночная с применением вязкого битума	5–10	12–15	0,9–1,1	0,6–0,8
	10–20	20–25	1,3–1,5	0,7–0,9
Одиночная с применением битумной эмульсии 50 % концентрации	5–10	12–15	0,9–1,1	1,6–1,8
	10–20	20–25	1,3–1,5	2,0–2,4
Одиночная с применением битумной эмульсии 60 % концентрации	5–10 10–20	12–25	0,9–1,5	1,3–1,5 1,7–2,0

При использовании для поверхностной обработки вязких битумов и катионных эмульсий движение транспорта можно открывать сразу. При открытии движения необходимо обеспечить в течение первых 10 суток тщательный уход за поверхностной обработкой. Для сохранения нормальных условий формирования обработки, ско-

рость движения в этот период, должна быть ограничена до 40 км/час и необходимо организовать регулирование движения по ширине проезжей части. Незакреплённый щебень должен быть удалён с покрытия не позднее 1 суток после открытия движения. Дефектные места следует немедленно исправить.

Выводы.

В процессе утраты битума верхним слоем при движении транспортного потока и диффузии вяжущего из нижних слоев покрытия его концентрация на поверхности всегда будет минимальной, что приводит к снижению работоспособности покрытия.

Концентрацию битума в верхнем слое менее 50 % от первоначальной следует считать критической и соответствующей протеканию процессов разрушения.

При увеличении интенсивности вымывания битума в 2 раза достижение 50 %-ной концентрации битума происходит в 4 раза быстрее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. Введение в теорию. М.: Наука, 1977. 439 с.

Информация об авторах

Подольский Владислав Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

E-mail: ecodor@bk.ru

Воронежский государственный технический университет.

Россия, 394006, г. Воронеж, 20 лет Октября, д. 84.

Лобода Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, доцент кафедры прикладной математики и механики.

E-mail: lobvgasu@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет.

Россия, 394006, г. Воронеж, 20 лет Октября, д. 84.

Аль Адресс Мохаммед Хашим, аспирант кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

E-mail: aladdress@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет.

Россия, 394006, г. Воронеж, 20 лет Октября, д. 84.

2. Рябова О.В. Научно- практические основы снижения адгезии снежно-ледяных образований в процессе эксплуатации автодорог: дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 1998. 176 с.

3. Аль Адресс М.Х., Подольский В.П. Применение катионоактивных битумных эмульсий в Ираке // Наука и техника в дорожной отрасли. 2016. № 6. С. 27–30.

4. Алферов В.И. Дорожные материалы на основе битумных эмульсий: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. 2003. 152 с.

5. Подольский В.П., Поспелов П.И., Глагольев А.В, Смирнов А.В. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия. Под ред. В.П. Подольского. М., 2012. 304 с.

Поступила в декабре 2017 г.

© Подольский В.П., Лобода А.В., Аль Адресс М.Х., 2017

V.P. Podolsky, A.V. Loboda, M.H. Al Address

PHYSICS- MATHEMATICS MODEL FOR CHECKING OF PREDICTION OF BITUMEN PARTICLES REMOVAL FROM PAVEMENT SURFACE BY TRANSPORTATION LOADS

The bitumen concentration is one of the affecting factors on the service period of surface layers of pavement. Therefore, the study of changes prediction in this concentration is very important when evaluating the service period of pavement including, when using recycle asphalt and bitumen emulsions.

To restore smoothing and leveling of surface layers of pavement, which is consisting organic binder and provided adhesion coefficient of surface treatment. Because of the frequency of the bitumen losing speed, the road serviceability is decrease during operation. Therefore, it is necessary determine the losing rate.

Keywords: *treatment of surface layers of pavement, concentration of bitumen, diffusion, catio-active emulsified.*

Information about the authors

Vladslav P. Podolsky, PhD, Professor.

E-mail: ecodor@bk.ru

Voronezh state technical university.

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let October, 84.

Alexander V. Loboda, PhD, Professor.

E-mail: lobvgasu@yandex.ru

Voronezh state technical university.

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let October, 84.

Mohammed Hashim Al Address, Postgraduate student.

E-mail: aladdress@yandex.ru

Voronezh state technical university.

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let October, 84.

Received in December 2017

Жариков И.С., ст. преп.,
Давиденко П.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

davidenkopolly@mail.ru

В статье обосновывается целесообразность и эффективность использования BIM-технологий при проведении строительно-технических экспертиз, в частности по установлению причин возникновения трещин в стенах зданий. Целесообразность применения BIM определяется главным достоинством информационного моделирования – автоматизацией и значительным сокращением сроков процесса проектирования, а значит и уменьшением трудозатрат инженеров. Применение BIM при проведении строительно-технических экспертиз позволяет автоматизировать процесс экспертного анализа на основных этапах, что ускоряет и облегчает исследовательскую деятельность эксперта. Но в это же время стоит отметить, что при всей своей автоматизации подход информационного моделирования не работает полностью автоматически и автономно от человека и не может заменить эксперта, в виду того, что по сути BIM – лишь совокупность программного обеспечения.

Ключевые слова: BIM (Building Information Modeling), BIM-технологии, информационное моделирование, строительно-техническая экспертиза, трещины, поверочный расчет, причины образования трещин.

Введение. В начале XXI века появился принципиально новый подход в архитектурно-строительном проектировании, заключающийся в создании компьютерной модели здания, несущей в себе все сведения об объекте – BIM (Building Information Modeling). Подход информационного моделирования дает возможность не только интеллектуального конструирования объекта в трехмерном пространстве с учетом всех проектных данных, с обеспечением их взаимосвязанности и согласованности, позволяя автоматически получить актуальную проектно-сметную

документацию, но и позволяет инженерам различных специализаций в едином процессе моделирования дополнять и изменять модель в процессе проектирования, анализировать и оценивать технико-экономические показатели строительства, управлять строительством и эксплуатацией зданий, прогнозировать особенности реконструкции, технической модернизации и сноса здания по завершении его жизненного цикла (рис. 1) [1].

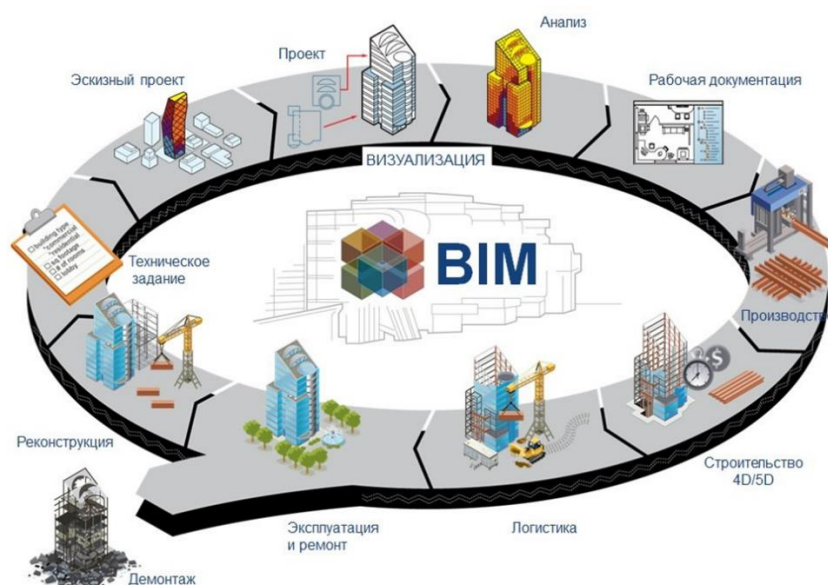


Рис. 1. Реализация BIM-технологий на всех этапах жизненного цикла здания [2]

Методология. Сформировавшаяся концепция BIM на сегодняшний день эффективна и при проведении строительно-технических экспертиз зданий и конструкций [3], когда эффективное решение основных инженерных задач экспертизы (моделирование, расчет, диагностика, рекомендации) может быть получено при комплексном использовании отраслевого софта BIM, имеющего стандартизированные форматы информационного обмена.

Основная часть. Прикладное применение концепции BIM в экспертной деятельности рас-

смотрим на примере обследования индивидуального жилого дома с целью установления причин возникновения трещин в стенах здания, завершённого строительством и готового к вводу в эксплуатацию [4].

В результате проведенного визуального и инструментального обследования несущих и ограждающих конструкций индивидуального жилого дома – наружных и внутренних керамзитобетонных стен экспертами были установлены горизонтальные и вертикальные трещины (рис. 2), разрушившие внутреннюю отделку и кладку стен [4].

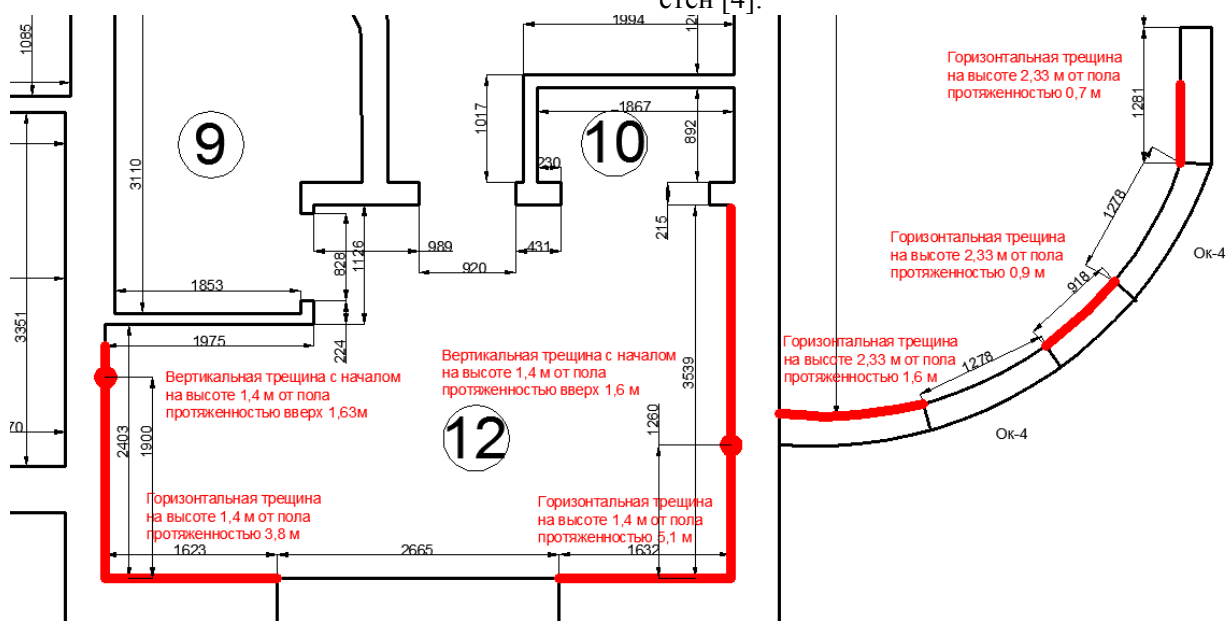


Рис. 2. Фрагмент плана здания с указанием мест расположения трещин

Процесс трещинообразования носит прогрессирующий характер – трещины являются сквозными на всю толщину стены, вертикальные трещины развиваются на высоту до 1,6 м, горизонтальные трещины имеют протяженность до

5 м. На момент проведения обследования экспертами была зафиксирована ширина раскрытия трещин 1–2 мм (рис. 3) [5].

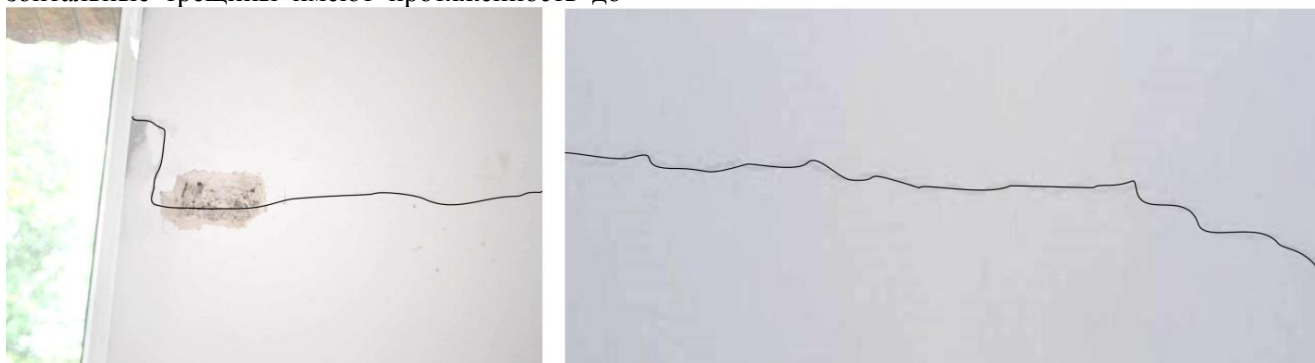


Рис. 3. Внешний вид трещин в стенах обследуемого здания

С целью определения теоретических параметров текущего напряженно-деформированного состояния конструкций и установления причин возникновения трещин была создана BIM-модель здания и выполнен комплекс исследовательских работ с применением программного

обеспечения, реализующего BIM-технологии [6]. Моделирование осуществлялось в ПК ArchiCAD (рис. 4), через формат IFC модель импортировалась в ПК ЛИРА-САПР (рис. 5), рабочая доку-

ментация с рекомендациями по усилению конструкций по результатам расчета создавалась в ПК NanoCAD Железобетон.

Далее рассматриваются основные этапы экспертного анализа, использованные гипотезы и предпосылки, результаты поверочного расчета и диагностика причин образования трещин [7].

В расчет приняты физико-механические характеристики материалов конструкций здания: железобетонного монолитного ленточного фундамента в соответствии с СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры», кладки

стен из керамзитобетонных блоков в соответствии с СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», деревянных конструкций кровли по СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции». Нагрузки, действующие на здание на момент проведения обследования, определены по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [7].

Внутренние усилия в стенах здания определялись по 2-м расчетным сочетаниям нагрузок, включающим взаимоисключающее разнонаправленное давление ветра [8]. Анализ результатов расчета выполнен по мозаикам внутренних усилий растяжения/сжатия.

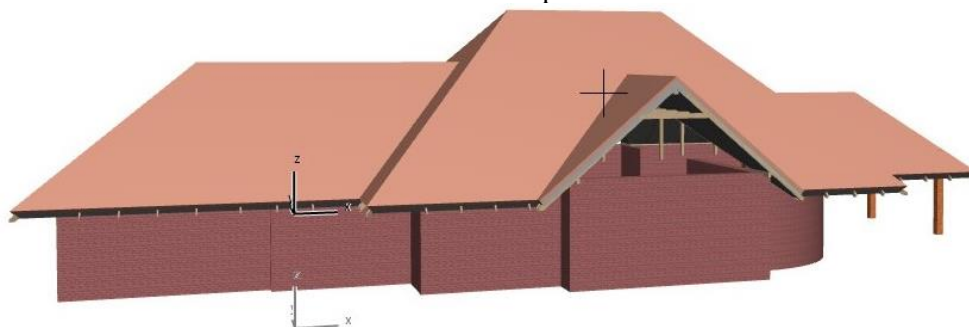


Рис. 4. BIM-модель здания в ПК ArchiCAD

Загрузка 1

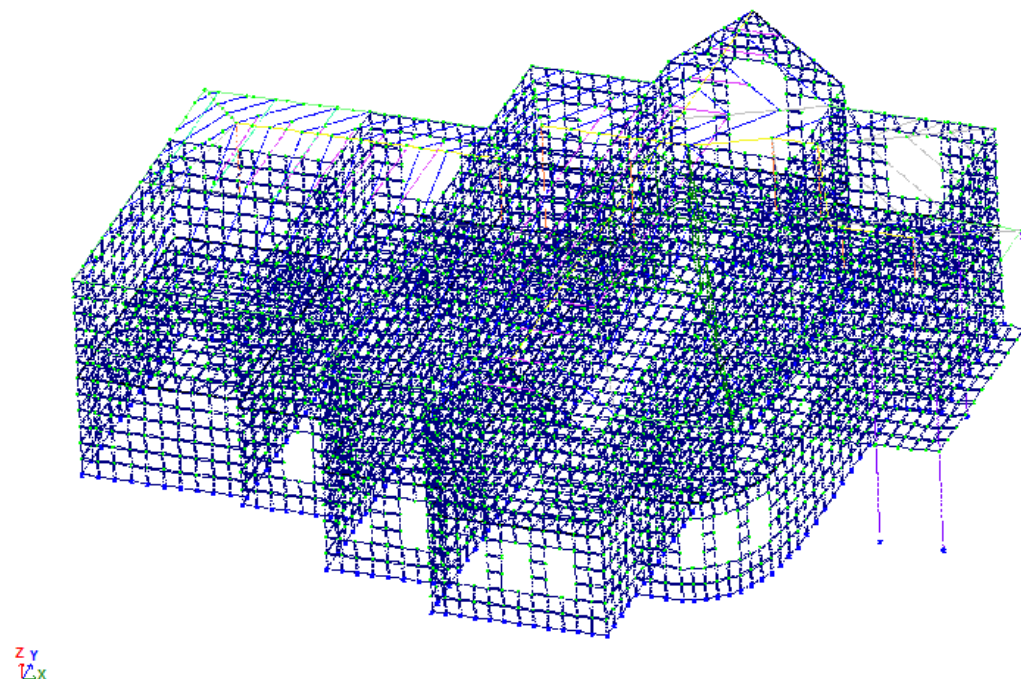


Рис. 5. Расчетная схема здания в ПК ЛИРА-САПР

Напряжения сжатия в кладке стен от полной расчетной нагрузки на конструкции здания в текущей стадии завершения строительства составили до 0,26 МПа, что меньше расчетной прочности кладки на сжатие 1,7 МПа (рис. 6). Напряжения растяжения в кладке, в среднем, составили до 0,1 МПа, что меньше расчетной проч-

ности кладки на растяжение 0,16 МПа. Исключение составляют участки внутренних стен в уровне верха стен на 500–700 мм внутрь помещений от мест примыкания поперечных стен эркеров к фасаду (рис. 7). Растягивающие напряжения от полной расчетной нагрузки в кладке этих зон составляют до 0,2 МПа по южному фасаду и

до 0,26 МПа по северному, что превышает расчетную прочность кладки на растяжение 0,16 МПа.

Изгибающие моменты из плоскости в элементах стен составили до 2–3 кНм/м, что для стен

толщиной 40 см соответствует напряжениям растяжения до 0,12 МПа, что меньше расчетной прочности кладки растяжению при изгибе 0,16 МПа.

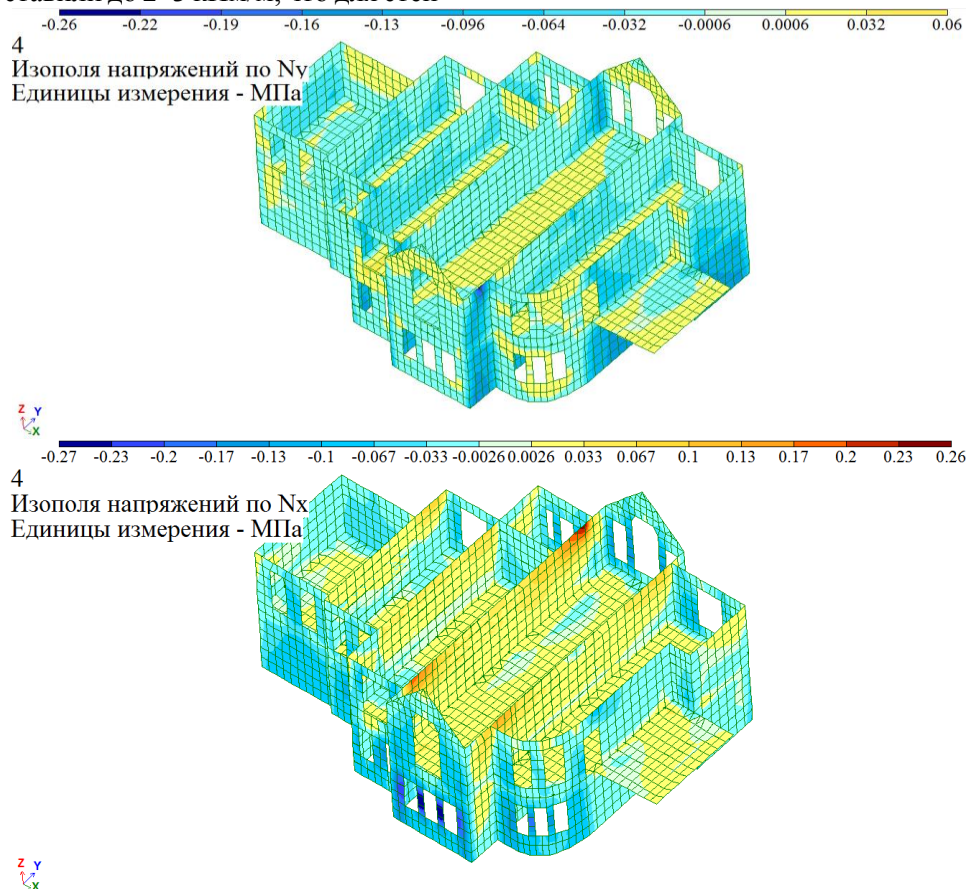


Рис. 6. Расчетные внутренние напряжения сжатия (вверху) и растяжения (внизу) кладки стен здания

Таким образом, поверочным расчетом установлено, что в уровне верха внутренних поперечных стен на 500–700 мм внутрь помещений от мест примыкания поперечных стен эркеров к фасаду при полной расчетной нагрузке возникают растягивающие напряжения, превышающие прочность кладки на растяжение по перевязанному сечению, установленную СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», что является причиной появления и развития в кладке трещин.

На основании проведенного поверочного расчета конструкций здания при действии текущих нагрузок экспертами сделаны следующие выводы.

1. Установлены отдельные участки внутренних поперечных стен, в уровне верха которых при полной расчетной нагрузке возникают растягивающие напряжения, превышающие прочность кладки на растяжение по перевязанному сечению, установленную СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», что,

предположительно, является причиной появления и развития наблюдаемых на момент обследования трещин [9].

2. Расположение и вид имеющихся в стенах здания трещин соответствуют указанным участкам стен и позволяют предположить следующий механизм возникновения и развития трещин.

Возникающие во внутренних поперечных стенах у эркеров фасада растягивающие усилия от полной расчетной нагрузки не могли быть эффективно сдержаны продольными и поперечными стенами эркеров, ослабленными оконными проемами большой площади. Это обстоятельство способствовало возникновению в уровне верха поперечных стен растягивающих напряжений, превышающих прочность кладки стен на растяжение, что привело к образованию и развитию сверху вниз вертикальных трещин во внутренних поперечных стенах [10]. Возникшие и развившиеся на высоту 1,4 м от пола помещения вертикальные трещины фактически отделили С-образную в плане часть наружных стен эркера, отошедшую наружу от фасада [10]. В поперечных

стенах отделившейся части эркера возник изгибающий момент, приведший к появлению на внутренних растянутых поверхностях стен разрушения кладки в виде горизонтальных трещин. Внутренние усилия в стенах после образования трещин стабилизировались, процесс развития

трещин, предположительно, прекратился. Наружная лицевая кладка стен при этом не имеет горизонтальных трещин поскольку сжата и не имеет вертикальных трещин, так как отделена от внутренней несущей части стены слоем податливого утеплителя [4].

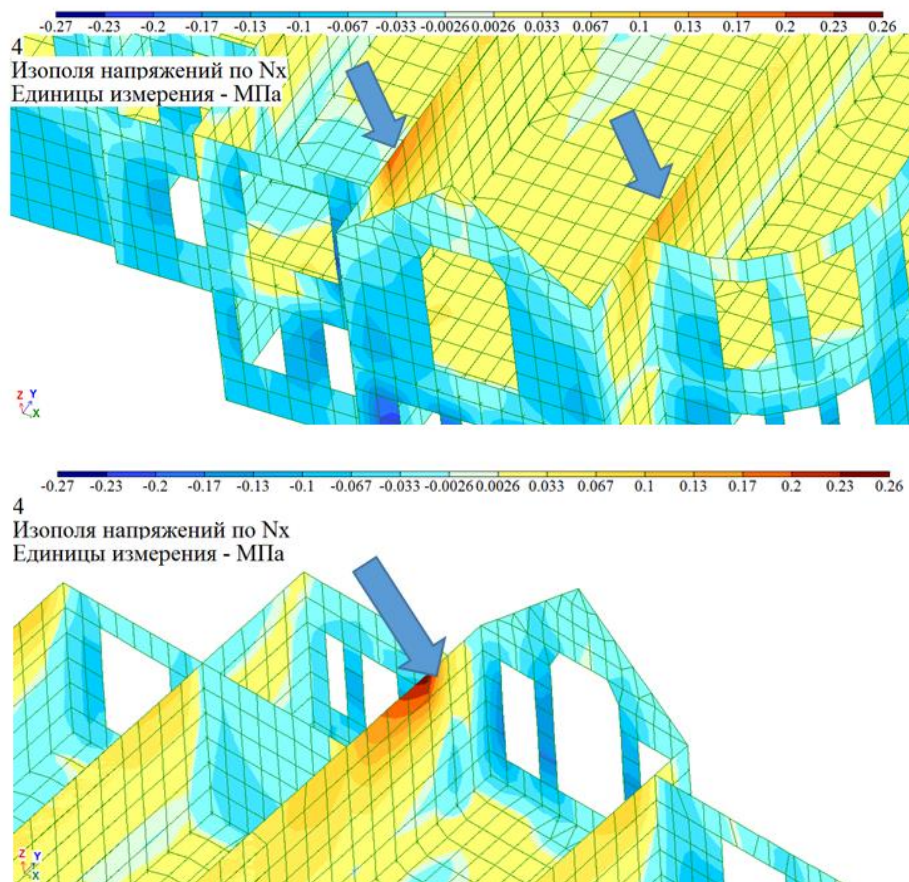


Рис. 7. Расчетные внутренние усилия растяжения в местах примыкания эркера к внутренней стене стен здания (отмечены участки предположительного начала образования установленных трещин)

Для предотвращения возможного дальнейшего развития трещин при эксплуатации здания экспертами рекомендовано усиление стен установкой стальных скоб $d14$ A400, связывающих наружные и внутренние стены эркера с обеих

сторон от вертикальной трещины с шагом по высоте в два ряда кладки в предварительно прорезанных штрабах с последующей зачеканкой безусадочным цементно-песчаным раствором и оштукатуриванием стен (рис. 9) [7].

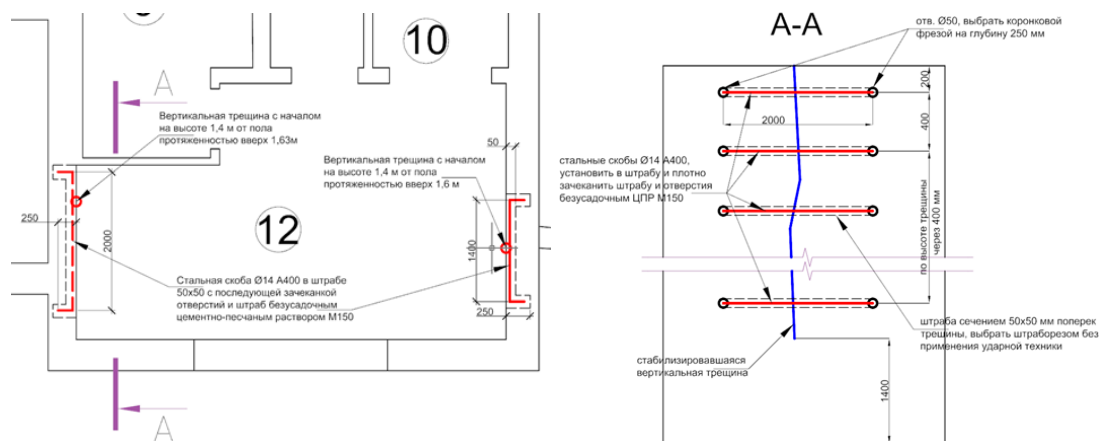


Рис. 8. Рекомендованная схема усиления стен с трещинами установкой стальных скоб

В процессе подготовки и проведения мероприятий по усилению стен (рис. 9) подрядчиком строительства было произведено наблюдение за развитием трещин установкой гипсовых маячков-пластин, по три на каждую трещину равномерно по ее траектории [5]. Целостность маячков

в течение времени, прошедшего с момента устройства усиления, свидетельствует о прекращении развития трещин. Стабилизировавшиеся трещины были расшиты изнутри ремонтными кладочными составами и оштукатурены [10].



Рис. 9. Выполненное на объекте усиление стен с трещинами

Вывод. Таким образом, BIM-технологии позволяют существенным образом упростить и ускорить исследовательскую работу, проводимую в рамках строительно-технических экспертиз, что влечет за собой повышение качества и достоверности экспертной деятельности, целесообразности и эффективности рекомендуемых экспертом технических решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. Тенденции развития строительного производства в ЦФО / В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции : в 2 т.. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 215–219.
2. URL: <http://rcmm.ru/novosti/30671-kak-mosgosekspertiza-vmeste-s-autodesk-razvivaet-bim-tehnologii.html>
3. Унежева В.А., Абакумов Р.Г. 2016. Накопление физического износа жилого фонда в течение жизненного цикла // Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы международной научно-практической конференции. С. 250–254.
4. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений ФЦ ВНИИ ГОЧС. М.: 2003. 85 с.

5. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: ФГУП «КТБ ЖБ», 2003. введ. 21.08.2003 г.

6. Жариков И.С., Скрыпник О.Г. Проблемы определения физического износа зданий посредством применения сборников ВСН // В сборнике: Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 15–17.

7. Авилова И.П., Наумов А.Е. Основы организации и управления в строительстве. Белгород, 2011. 132 с.

8. Жариков И.С. Развитие и будущее лофтов в России // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 18. С. 30–34.

9. Жариков И.С., Мотунова М.С. Строительные технологии, как инструмент оптимизации продолжительности и стоимости строительства // В сборнике: Международный студенческий строительный форум - 2016 (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): электронный сборник докладов. 2016. С. 838–841.

10. Михайлюкова Я.Ю., Наумов А.Е., Козлюк А.Г. Основные технологии, применяемые в индивидуальном жилищном строительстве, их достоинства и недостатки // В сборнике: Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2014. С. 109–111.

Информация об авторах

Жариков Игорь Сергеевич, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: igor_bgstu@mail.ru

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

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

Давиденко Полина Викторовна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: davidenkopolly@mail.ru

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

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

Поступила в ноябре 2017 г.

© Жариков И.С., Давиденко П.В., 2018

I.S. Zharikov, P.V. Davidenko

EFFICIENT USE OF BIM TECHNOLOGIES IN CONDUCTING CONSTRUCTION-TECHNICAL EXPERTISE

The article proves the feasibility and effectiveness of using BIM-technologies in construction and technical expertise, in particular, on the establishment of the causes of cracks in the walls of buildings. The expediency of using BIM is determined by the main advantage of information modeling - automation and a significant reduction in the timing of the design process, and hence the labor costs of engineers. The application of BIM in the conduct of construction and technical expertise makes it possible to automate the process of expert analysis at the main stages, which accelerates and facilitates the expert's research activities. But at the same time it is worth noting that, for all its automation, the approach of information modeling does not work fully automatically and autonomously from a person and can't replace an expert, inasmuch as in essence BIM is only a collection of software.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), BIM-technologies, information modeling, construction and technical expertise, cracks, verification calculation, causes of cracking.

Information about the authors

Igor S. Zharikov, Senior lecturer.

E-mail: igor_bgstu@mail.ru.

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

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

Polina V. Davidenko, Master student.

E-mail: davidenkopolly@mail.ru.

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

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

Received in November 2017

¹Борисюк Е.А., канд. техн. наук, ст. преп.,²Бороденко С.А., инженер¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет²Таганрогский технологический институт Южного федерального университета

РОЛЬ ФИКСАТОРОВ АРМАТУРЫ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

evgen1002@mail.ru

В настоящее время, при изготовлении строительных конструкций из железобетона, широкое распространение получили пластиковые и бетонные фиксаторы арматуры, обеспечивающие фиксацию стального арматурного каркаса в строго проектное положение, для исключения вероятности смещения арматурного каркаса при бетонировании. Такое, достаточно жесткое, закрепление необходимо для последующей надежной работы конструкции в сооружении, а также для сохранности стальной арматуры, защищенной необходимым слоем бетона от коррозии. Имеющиеся в литературе сведения, не позволяют судить о влиянии вида фиксаторов, на эксплуатационные свойства железобетона, такие как: прочность и трещиностойкость. Проведенные эксперименты, по предложенной методике, показали, что прочность и трещиностойкость образцов с использованием пластиковых и бетонных (низких марок) фиксаторов, несколько ниже, чем у образцов без фиксаторов или с фиксаторами из бетона высоких марок. На основании результатов исследований появляется возможность разграничения областей применения пластиковых и бетонных фиксаторов.

Ключевые слова: пластиковые фиксаторы, бетонные фиксаторы, прочность, трещиностойкость.

Введение. Обеспечение надежности и долговечности строительных конструкций из железобетона, особенно работающих в неблагоприятных условиях (высокая влажность, минерализованные воды и прочее), обуславливает необходимость применения гарантированных способов и режимов изготовления этих конструкций. Необходимым условием изготовления высококачественных железобетонных изделий является фиксация стального арматурного каркаса при бетонировании в строго проектное положение, при исключении вероятности смещения арматурного каркаса [1–4]. Такое, достаточно жесткое, закрепление необходимо для последующей надежной работы конструкции в сооружении (обеспечении расчетного распределения напряжений без возникновения возможных локальных внутренних дефектов и трещинообразования), а также для сохранности стальной арматуры, защищенной необходимым слоем бетона от коррозии. Эту задачу выполняют специальные закладные детали, которые называют фиксаторами арматуры. Принято считать, что основная функция фиксаторов арматуры – это обеспечение защитного слоя арматуры от возможной коррозии из-за вредного воздействия агрессивных сред, но только этим роль фиксаторов не ограничивается. Фиксируя арматуру в форме, фиксаторы дают возможность бетонной смеси в процессе формования равномерно распределиться вокруг арматуры, способствуя в дальнейшем максимальному сцеплению бетона с арматурой, и, как следствие, обеспечи-

вают способность конструкции работать в расчетных режимах. Поэтому термин «фиксаторы защитного слоя арматуры в бетоне» не в полной мере отражает их функцию. Задача защиты арматуры в бетоне от вредного воздействия внешней среды остается, является достаточно важной и требует специальной оценки качества существующих и предлагаемых фиксаторов. В настоящее время имеется крайне мало информации о характере и степени влияния вида и качества фиксаторов на эксплуатационные характеристики железобетонных конструкций.



Рис. 1. Пластиковые фиксаторы

Высокие темпы строительства, развитие монолитного домостроения, возросшие требования к железобетонным изделиям заводской готовности, обусловили рост потребности в фиксаторах арматуры, производство которых за последнее время существенно увеличилось [5–8]. Широкое распространение в настоящее время получили

пластмассовые фиксаторы из ПВХ, ПНД, ПП, и т.д.

Основная часть. Фиксаторы имеют различную форму и назначение. По своему применению фиксаторы подразделяются на три категории: фиксаторы для установки на вертикальную арматуру; фиксаторы для установки на горизонтальную арматуру; фиксаторы для установки в опалубку с фиксацией общей толщины бетона.

Применение пластмассовых фиксаторов целесообразно и оправдано в конструкциях, которые в меньшей степени подвержены вредному воздействию внешней среды и находятся вне зоны действия высоких нагрузок. Это объясняется тем, что адгезия цемента и, соответственно, бетона к пластмассам невысока. Контактная зона в таком случае может служить, во-первых, источником возникновения локальных дефектов и трещинообразования при действии нагрузок в месте расположения пластмассовых фиксаторов и, во-вторых: учитывая, что опорная часть фиксаторов выходит на поверхность конструкции, то «агрессивная среда» может достаточно свободно проникать по границе «бетон-фиксатор» к арматуре и способствовать возникновению ее коррозии. Пластмассовые фиксаторы можно рекомендовать для железобетонных конструкций, работающих в воздушно-сухих условиях с невысокими внутренними напряжениями. Для конструкций, работающих в условиях воздействия агрессивных сред и в сложных напряженно-деформационных полях, для фиксации арматуры в бетонных изделиях, пластмассовые фиксаторы применять **недопустимо**. К таким конструкциям относятся опорные элементы мостов, элементы высотных зданий, тубинги, резервуары и т.д. В них необходимо применять фиксаторы, изготовленные из материалов, имеющих высокую адгезию и химическое сродство с основным материалом изделия: из асбестоцемента, высокопрочного мелкозернистого бетона с различными минеральными и химическими добавками и т.д. В этом случае граница фиксатора и бетона является условной, так как кристаллы новообразований твердеющего цемента изделия и фиксатора со временем срастаются и создают плотное и достаточно прочное соединение. Основная функция фиксаторов заключается в четкой фиксации арматуры в проектном положении и обеспечении за счет этого расчетных характеристик работы конструкции [9–14].

Фиксаторы вносят в железобетонную конструкцию существенные изменения, связанные с их видом и видом материала из которого они изготовлены, являясь фактически дефектом структуры бетона:

- модуль упругости пластмассы почти на порядок ниже, чем у бетона ($3,0 \times 10^3$ и 30×10^3 МПа) и поэтому, при возникновении растягивающих напряжений в зоне контакта, пластмассовый фиксатор, становится концентратором напряжений, в результате чего происходит более раннее появление трещин;

- низкая адгезия бетона к пластмассе (практически равна нулю) также снижает трещиностойкость бетона;

- коэффициенты линейного температурного расширения у пластмассы и бетона существенно отличаются ($10 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ у пластмассы и $1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ у бетона) и поэтому, при использовании термообработки бетона, при остывании конструкции на границе «бетон – фиксатор» могут образовываться температурные трещины.

Бетонные фиксаторы представляют собой мелкие закладные детали из мелкозернистого бетона, имеющие специальный узел крепления к арматуре в виде прищепки, пружины, зажима, защелки или просто вязальной проволоки. Форма фиксаторов не регламентируется, может быть разнообразной и во многом зависит от способа изготовления (экструзионный, вибропрессование, литье и др.) и от условий их последующего применения. Основные геометрические параметры, контролируемые в процессе изготовления, это диаметр арматуры, с которой может быть использован фиксатор и расстояние от арматуры до основания опорной части фиксатора – определяющее толщину защитного слоя бетона. Технические характеристики бетона для фиксаторов, такие как: прочность, водонепроницаемость, коррозионная стойкость и т.д., должны соответствовать техническим характеристикам бетона основного изделия. Необходимо также чтобы площадь опорной части фиксаторов была минимальной: точечной или линейной, чтобы фиксатор с внешней стороны практически полностью был закрыт бетоном.

С целью выявления характера и степени влияния фиксаторов разных видов в бетоне и железобетоне на его расчетные характеристики был спланирован и поставлен эксперимент в заводских и лабораторных условиях. В ходе работ сравнивали влияние пластмассовых фиксаторов типа «звездочка» (рис. 2), а также бетонные фиксаторы сложной формы из бетона разной прочности (рис. 3).

В процессе проведения работ были изготовлены образцы-балочки размером $150 \times 150 \times 600$ мм и образцы-кубы размером $150 \times 150 \times 150$ мм. Всего были изготовлены пять партий образцов:

1. Эталонные образцы-балочки и кубы, неармированные и без фиксаторов.

2. Эталонные образцы-балочки армированные в нижнем поясе (арматура диаметром 14 мм) без фиксаторов с защитным слоем бетона 35 мм.

3. Образцы-балочки армированные (аналогично п.2) с пластмассовыми фиксаторами и кубы с пластмассовыми фиксаторами, заформованными в теле бетона в рабочем положении, но без арматуры.

4. Образцы-балочки армированные (аналогично п. 2) с бетонными фиксаторами и кубы с бетонными фиксаторами прочностью 20,0 МПа, заформованными в теле бетона в рабочем положении, но без арматуры.

5. Образцы-балочки армированные (аналогично п.2) с бетонными фиксаторами и кубы с бетонными фиксаторами прочностью 40,0 МПа, заформованными в теле бетона в рабочем положении, но без арматуры.

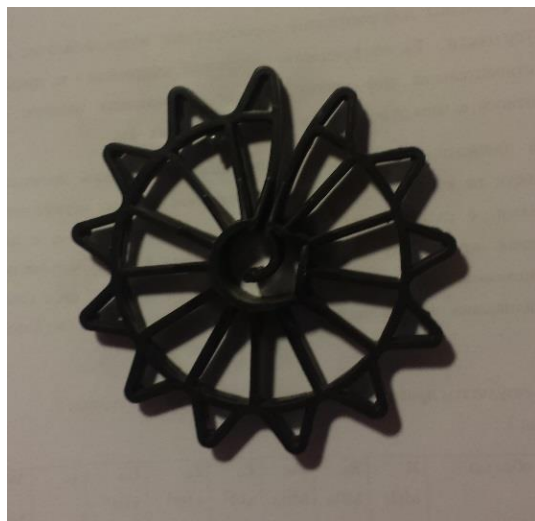


Рис. 2. Пластиковый фиксатор – «звездочка»



Рис. 3. Бетонный фиксатор

Прочность бетонных фиксаторов определялась по косвенным оценкам (по твердости): у одной части фиксаторов она не превышала 20,0 МПа, что на 30 % меньше проектной прочности бетона образцов, у другой части фиксаторов прочность была около 40,0 МПа, что на 30 % выше проектной прочности бетона образцов.

Каждая партия включала 3 образца-балочки и 3 образца-куба. Все образцы были изготовлены в одно и тоже время, из бетонной смеси одного замеса. Состав бетона с соотношением Ц : П : Щ : В = 1 : 2,7 : 4,0 : 0,67 на портландцементе М500(Д0). Использованный в эксперименте состав соответствовал расчетному составу бетона класса по прочности В22,5 (М300). В качестве заполнителей использовались гранитный щебень и кварцевый песок с модулем крупности $M_{кр} = 1,5$. Приготовленная бетонная смесь соответствовала подвижности П2 (осадка конуса 5–9 см), которая обеспечивалась добавкой СП «Pozzolith MR 55». Изготовленные образцы прошли тепловлажностную обработку. После распалубки образцы твердели в течение 68 суток в естественных воздушно-влажных условиях.

Затем образцы были испытаны на осевое сжатие и на растяжение при изгибе в соответствии с методикой, предложенной в работе (2):

1. Определены основные прочностные характеристики бетона: кубиковая прочность – R , призмная прочность – R_b .

2. Определены пределы прочности на растяжение при изгибе – $R_{тф}$ эталонных и армированных образцов-балочек без фиксаторов и с фиксаторами при контроле момента трещинообразования (2).

3. Определена водонепроницаемость – W , на образцах-кубах без фиксаторов и с фиксаторами разного вида.

4. Определены деформативные характеристики образцов-балочек: модуль упругости – E_b , коэффициента поперечной деформации – ν_b , предельная относительная деформация в момент образования трещины – $\epsilon_{тф}$, относительная деформация в момент разрушения – ϵ_{b0} .

При проведении испытаний по определению призмной прочности и прочности на растяжение при изгибе увеличение нагрузки осуществлялось ступенями, с пятиминутной выдержкой на ступени, при этом, с целью измерения предельных деформаций растяжения, в зоне максимальных растягивающих напряжений были закреплены маяки на базе 15 см, в которые устанавливались индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм (рис. 4).

Результаты проведенных испытаний представлены в табл. 1.



Рис. 4. Испытание образцов-балочек на растяжении при изгибе

Таблица 1

Результаты проведенных испытаний

№ пп	Вид образца	R, МПа	R _b , МПа	R _{tf} , МПа	E _b × 10 ³ , МПа	ε _{tf} × 10 ⁻⁵	ε _{b0} × 10 ⁻⁵	v _b	W М Па
1.	Эталонный (без арматуры)	50,7	41,7	4,1	34,3	19,5	228	0,213	8
2.	Эталонный (с арматурой)	-	-	4,7	-	22,8	-	-	-
3.	С пластиковым фиксатором	44,5	-	3,7	-	15,4	-	-	2
4.	С фиксатором из бетона М200	45,3	-	3,6	-	14,5	-	-	4
5.	С фиксатором из бетона М400	49,2	-	4,6	-	20,6	-	-	8

Результаты испытаний показывают, что на момент испытаний прочность бетона на сжатие R составила 50,7 МПа, что значительно (на 60 %) превысило расчетную марочную прочность, соответствующую 28 суткам нормального твердения, ввиду более продолжительного периода твердения (68 суток) и была выше прочности бетона фиксаторов в 1,2–2,5 раза. При этом прочность образцов-кубов с пластиковыми фиксаторами и фиксаторами из бетона прочностью 20,0 МПа была на 12–14 % ниже и составляла 44,5 МПа и 45,3 МПа соответственно. При испытании кубов с фиксаторами из бетона прочностью 40,0 МПа наблюдалось незначительное снижение прочности – 49,2 МПа.

Анализ результатов проведенного эксперимента свидетельствует о высокой дефектности структуры бетона $\eta_{tf} = R_b/R_{tf}$ (4), достигающей показателя – 10,2. При применении фиксаторов дефектность структуры увеличивается и составляет: 11,6 – для пластиковых фиксаторов, 11,7 – для бетонных (20,0 МПа). Однако применение бетонных фиксаторов с прочностью 40,0 МПа

способствует снижению дефектности структуры до 10,3, то есть близко к дефектности структуры бетона без фиксаторов.

Прочность на осевое растяжение, рассчитанная с коэффициентом 1,7 (4), соответствовала величине 2,41 МПа и была близка к значениям, представленным на графике представленном на рис. 4.

Существенные отклонения от линейности деформирования происходят на участке от 2,4 до 2,8 МПа, что совпадает с расчетной величиной. Данному уровню напряжений соответствует предельная относительная деформация растяжения равная $8 \div 9 \times 10^{-5}$. Следует отметить, что и в этом случае характер кривых напряжений у образцов-балочек с арматурой без фиксаторов и с фиксаторами из бетона (40,0 МПа) близки и превышают показания образцов без арматуры, а также с пластиковыми и бетонными (20,0 МПа) фиксаторами.

Подобным образом обстоит дело и с величиной предельной деформативности соответствующей моменту трещинообразования. Более низкие

показатели у образцов с бетонными фиксаторами прочностью 20,0 МПа, в сравнении с бетонными фиксаторами прочностью 40,0 МПа, подтверждают существенную роль в прочности конструкции прочности бетона фиксаторов. При прочности бетона фиксатора меньше прочности бетона конструкции, фиксатор можно также рассматривать как дефект – концентратор напряжения. Наличие фиксаторов весьма существенно сказалось на процессе трещинообразования. Так,

момент трещинообразования у образцов с пластиковыми фиксаторами снизился на 19,6 %, а с бетонными (20,0 МПа) фиксаторами на 21,7 %, по сравнению с армированными образцами без фиксаторов или с фиксаторами из бетона 40,0 МПа. При этом у образцов с пластиковыми и бетонными (20,0 МПа) фиксаторами трещиностойкость оказалась даже ниже, чем у образцов без арматуры на 9,85 и 12,2 % соответственно.

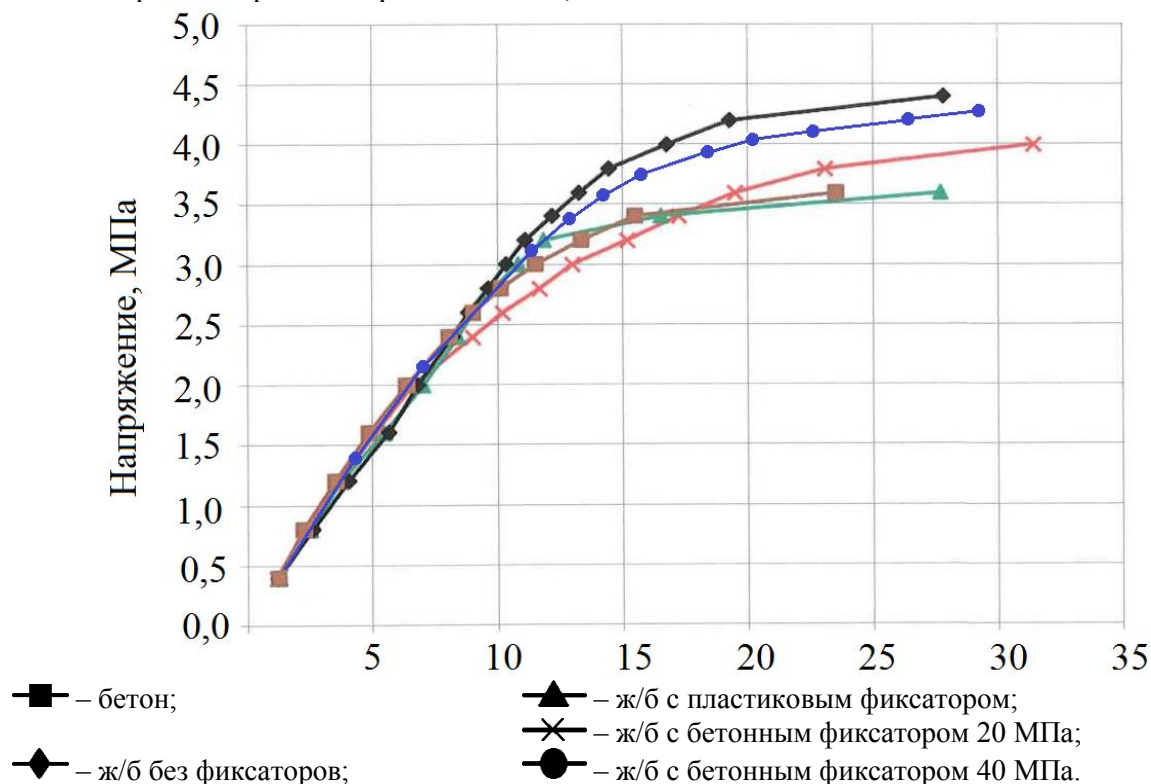


Рис. 5. Диаграммы деформирования бетона и железобетона на растяжение при изгибе

Проверка водонепроницаемости образцов, также подтвердила отрицательную роль пластиковых и бетонных фиксаторов с низкой прочностью. При этом применение бетонных фиксаторов с прочностью близкой к прочности бетона конструкции, практически не сказывается на показателях водонепроницаемости.

Выводы.

1. Из результатов проведенного эксперимента следует, что выбор фиксатора при расчете по трещиностойкости следует делать с учетом вида материала, из которого он изготовлен.
2. В ходе эксперимента было подтверждено, что использование пластиковых фиксаторов при армировании ЖБИ, приводит к снижению трещиностойкости на 20–22 %, что необходимо учитывать при проектировании сборных и монолитных железобетонных конструкций.
3. При применении бетонных фиксаторов важнейшим фактором их использования является

прочность бетона фиксаторов. Результаты испытаний показали, что использование бетонных фиксаторов с прочностью меньшей, чем у бетона конструкции в 2,5 раза, также ведет к снижению трещиностойкости на 20 %. Поэтому для конструкций, работающих в условиях повышенной агрессивности среды, недопустимо чтобы прочность бетона фиксатора была менее прочности бетона конструкции.

4. Учитывая то, что предельные растягивающие напряжения у бетона достаточно низкие, следует более ответственно подходить к выбору фиксаторов арматуры и проводить их экспериментальную проверку с оценкой их влияния на трещинообразование.

5. Водонепроницаемость железобетонных конструкций зависит от вида фиксаторов и существенно снижается при использовании пластиковых фиксаторов и бетонных фиксаторов с прочностью меньшей, чем у бетона конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 28.13330 - 2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85: введ. 2011-05-20 / Минрегион РФ. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 94с.
2. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
3. Безгодов И.М., Борисюк Е.А., Кожевников М.М., Свиридов В.Н. Влияние фиксаторов арматуры на трещиностойкость железобетонных конструкций // Технологии бетонов. 2012. №7–8. С. 21–23.
4. Алексанин А.В. Перспективные направления развития организации строительства // Научное обозрение. 2015. № 10–1. С. 378–381.
5. Бахус Е.Е., Сборщиков С.Б. К вопросу совершенствования организационно-технологических решений обеспечения качества строительства объектов ядерной энергетики // Научное обозрение. 2016. № 14. С. 20–23.
6. Сборщиков С.Б. Организационные основы устойчивого развития энергетического строительства // Вестник МГСУ. 2010. № 4–2. С. 363–368.
7. Алексанин А.В. Актуальность проблемы управления строительными отходами при реновации территорий // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 77–80.
8. Сборщиков С.Б., Свиридов И.А. О повышении эффективности ликвидации ветхого и аварийного жилья // Научное обозрение. 2016. № 22. С. 17–21.
9. Безгодов И.М. О соотношениях прочностных и деформативных характеристик бетона при сжатии, растяжении и растяжении при изгибе // Бетон и железобетон. 2012. №2. С. 2–5.
10. Сборщиков С.Б., Жаров Я.В. Организационно-технологическое проектирование в строительстве: вопросы нормативной документации // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 223–226.
11. Caia W.G, Wub Y., Zhonga Y., Rena H. China building energy consumption: Situation, challenges and corresponding measures // Energy Policy. 2009. №37. Pp. 2054–2059.
12. Hang Ma, Kan Zhu. Study on the renovation of old industrial district combined with the creative industry in Guangdong, China // Civil Engineering and Urban Planning. 2016. 4. Pp. 77–83.
13. Алексанин А.В., Маркевич А.И. Использование аддитивных технологий при возведении зданий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 62–65.
14. Жаров Я.В. Учет организационных аспектов при планировании строительного производства в энергетике // ПГС. 2013. №5. С. 69–71.

Информация об авторах

Борисюк Евгений Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии, организации и управления строительством.

E-mail: evgen1002@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, г. Москва, Центральный федеральный округ, Ярославское шоссе, д. 26.

Бороденко Сергей Александрович, инженер.

E-mail: bos_123@mail.ru

Таганрогский технологический институт Южного федерального университета.
Россия, 347928, Ростовская область, г. Таганрог, Некрасовский пер., д. 44.

Поступила в ноябре 2017 г.

© Борисюк Е.А., Бороденко С.А., 2018

E.A. Borisjuk, S.A. Borodenko

THE ROLE OF FIXTURES OF FITTINGS IN CONSTRUCTIONS OF REINFORCED CONCRETE

At present, in the manufacture of building structures made of reinforced concrete, plastic and concrete fixation fixtures are widely used to ensure the fixation of the steel reinforcing cage in a strictly designed position, in order to exclude the possibility of displacement of the reinforcing cage during concreting. Such a sufficiently rigid fixation is necessary for the subsequent reliable operation of the structure in the structure, as well as for the safety of the steel reinforcement protected by the necessary layer of concrete from corrosion. The information available in the literature does not allow one to judge the effect of the type of fixative, on the operational properties of reinforced concrete, such as: strength and crack resistance. The conducted experiments, according to the proposed method, showed that the strength and fracture toughness of samples using plastic and concrete (low grades) fixatives is somewhat lower than in samples without fixatives or with fixatives made of high-grade concrete. Based on the results of the research, it becomes possible to differentiate the areas of application of plastic and concrete fixatives

Keywords: plastic fasteners, concrete fasteners, strength, crack resistance.

Information about the authors

Evgeny A. Borisyuk, PhD, Senior lecturer.

E-mail: evgen1002@mail.ru

Moscow state university of civil engineering (national research university).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Sergey A. Borodenko, Ingener.

E-mail: bos_123@mail.ru

Taganrog Technological Institute of Southern Federal University.

Russia, 347928, Rostov region, Taganrog, Nekrasovskiy lane, 44.

Received in November 2017

Уварова Н.Б., канд. техн. наук, доц.,
Парамонов Е.Е., студент

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЁННЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ К РАСЧЁТУ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ НА ЛОКАЛЬНЫЕ И РАЗРЫВНЫЕ НАГРУЗКИ

evg.paramonov@yandex.ru

Статья посвящена расчету изгибаемой плиты на локальные разрывные нагрузки. Для решения задачи привлекаются обобщенные уравнения метода конечных разностей (МКР). Эти уравнения позволяют решать задачу в пределах интегрируемой области с учетом разрывов искомой функции, ее первой производной и правой части исходного дифференциального уравнения. Разрешающее дифференциальное уравнение С. Жермен-Лагранжа сводится к двум численным аналогам. Полученные уравнения записываются для каждой расчетной точки сетки. Предлагаемая методика иллюстрируется на примере расчета плиты с шарнирным опиранием по контуру и в центральной точке, а также плиты с шарнирным опиранием по контуру и в четырёх точках, которые загружены равномерно распределенной нагрузкой. Результаты расчета при минимальном числе разбиений сравниваются с известным решением С.П. Тимошенко и с решением по МКЭ. Результаты иллюстрируют сходимость численного решения, что свидетельствует о возможности использования данного метода для решения подобных задач.

Ключевые слова: изгибаемая плита, тонкая, изотропная, разрывные нагрузки, локальные, численное решение, обобщенные уравнения метода конечных разностей.

Для расчета тонкой изгибаемой плиты на локальные и разрывные нагрузки в работе использовались обобщенные уравнения метода конечных разностей (МКР). Численное решение сводится к составлению разностных уравнений, которые позволяют учитывать конечные разрывы искомой функции, правой части исходных дифференциальных уравнений, а также – разрывы производных функций. Решены следующие задачи: шарнирно опёртая плита, загруженная равномерно распределённой нагрузкой с опорой в центре и на 4-х опорах. При этом исследовался вопрос сходимости решения. Расчёт проводился при разном числе разбиений. Результаты сравнивались с известным решением [1].

Дифференциальные уравнения изгиба тонкой изотропной плиты [1] запишем в безразмерном виде:

$$\frac{\partial^2 m}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 m}{\partial \eta^2} = -p; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} = -m, \quad (2)$$

$$\text{где } \xi = \frac{x}{a}; \quad \eta = \frac{y}{a}; \quad m = \frac{M}{q_0 a^2}; \quad M = \frac{M_x + M_y}{1 + \mu};$$

$$p = \frac{q}{q_0}; \quad w = \frac{WD}{q_0 a^4};$$

q_0 – интенсивность нагрузки в какой-либо точке; μ – коэффициент Пуассона; D – цилиндрическая жесткость; a – сторона плиты; W – прогиб.

Численные аналоги уравнений (1), (2) [2] на квадратной сетке с шагом h :

$$\begin{aligned} \tilde{m}_{i-1,j} + \tilde{m}_{i,j-1} - 4\tilde{m}_{i,j} + \tilde{m}_{i,j+1} + \tilde{m}_{i+1,j} + \frac{1}{2h} \left({}^{I-II} \Delta m_{ij}^\xi + {}^{III-IV} \Delta m_{ij}^\xi + {}^{I-III} \Delta m_{ij}^\eta + {}^{II-IV} \Delta m_{ij}^\eta \right) = \\ - \frac{1}{4} ({}^I p_{ij} + {}^{II} p_{ij} + {}^{III} p_{ij} + {}^{IV} p_{ij}); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\tilde{w}_{i-1,j} + \tilde{w}_{i,j-1} - 4\tilde{w}_{i,j} + \tilde{w}_{i,j+1} + \tilde{w}_{i+1,j} = -\tilde{m}_{i,j}, \quad (4)$$

Часть (фрагмент) сетки, на которой строится решение показана на рис. 1.

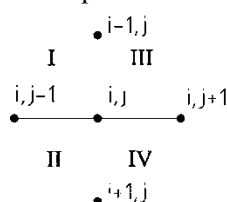


Рис 1. Шаблон с расчётными точками

Безразмерные изгибающие моменты определяются по формулам:

$$\begin{cases} m^{(\xi)} = -(w^{\xi\xi} + \mu w^{\eta\eta}); \\ m^{(\eta)} = -(w^{\eta\eta} + \mu w^{\xi\xi}). \end{cases} \quad (5)$$

$$w_{ij}^{\xi\xi} = h^2 (\tilde{w}_{i-1,j} - 2\tilde{w}_{i,j} + \tilde{w}_{i+1,j}). \quad (6)$$

Для квадратной плиты в центральной точке 1:

$$m^{(\xi)} = m^{(\eta)}; w_{ij}^{\xi\xi} = w_{ij}^{\eta\eta}. \quad (7)$$

Уравнения (1) и (2), записанные для всех внутренних точек плиты с учетом граничных условий, позволяют определить напряженно-деформированное состояние.

1. Рассмотрим квадратную шарнирно опёртую по контуру плиту с опорой в центре на действие равномерно распределённой нагрузки $q=1$. Для решения задачи реакцию, возникающую в колонне, заменим нагрузкой типа «крест» распределённой по линейному закону с максимальной интенсивностью γ . Таким образом, задача сводится к расчёту плиты на совместное действие равномерно распределённой нагрузки и нагрузки типа «крест», расположенной в центре и направленной в противоположную сторону. Данная нагрузка будет учтена в виде скачка равного величине γ :

$$I-II \Delta m_{ij}^{\xi} = III-IV \Delta m_{ij}^{\xi} = I-III \Delta m_{ij}^{\eta} = II-IV \Delta m_{ij}^{\eta} = \gamma.$$

При шарнирном опирании на контуре: $w = 0$; $m = 0$.

Принимаем $h = 1/6$.

Запишем уравнения (3) и (4) для каждой из шести расчетных точек плиты. Прогиб в центральной точке равен нулю, а неизвестной будет являться величина скачка γ . Для дальнейших вычислений удобнее точки обозначать одним индексом, расчетная схема показана на рис. 2, в силу симметрии изображена только четверть плиты, на рис. 3 показана центральная часть плиты с изображением нагрузки типа «крест».

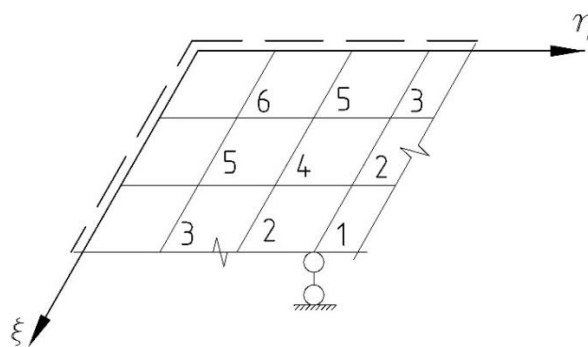


Рис. 2. Четверть расчетной схемы к задаче 1

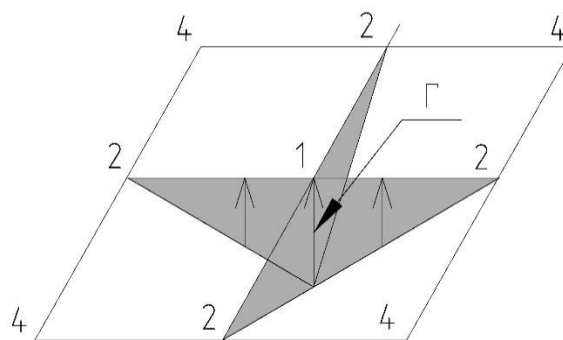


Рис. 3. Аппроксимация реакции в центральной точке

Приведем в качестве иллюстрации решения уравнения (3) и (4) для точек 1 и 2, где $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot r$ учитывает полосовую нагрузку.

$$\begin{cases} \tilde{m}_2 + \tilde{m}_2 - 4\tilde{m}_1 + \tilde{m}_2 + \tilde{m}_2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot r = -1; \\ \tilde{m}_3 + \tilde{m}_4 - 4\tilde{m}_2 + \tilde{m}_4 + \tilde{m}_1 = -1; \\ \dots \\ \tilde{w}_2 + \tilde{w}_2 + \tilde{w}_2 + \tilde{w}_2 = -\tilde{m}_1; \\ \tilde{w}_3 + \tilde{w}_4 - 4\tilde{w}_2 + \tilde{w}_4 = -\tilde{m}_2; \\ \dots \end{cases} \quad (8)$$

Откуда

$$\begin{aligned} \tilde{m}_1 &= -2,4521; \quad \tilde{m}_2 = 0,1513; \quad \tilde{m}_3 = 0,6605; \quad \tilde{m}_4 = 0,6983; \quad \tilde{m}_5 = 0,7454; \quad \tilde{m}_6 = 0,6227; \\ r &= -0,95113; \quad \tilde{w}_2 = 0,613; \quad \tilde{w}_3 = 0,6585; \quad \tilde{w}_4 = 0,8212; \quad \tilde{w}_5 = 0,6802; \quad \tilde{w}_6 = 0,4958, \end{aligned}$$

где

$$\tilde{w} = \frac{w}{h^4}; \quad \tilde{m} = \frac{m}{h^2}. \quad (9)$$

Безразмерные изгибающие моменты вычисляются по (5) с учётом (6) и (7) при $\mu = 0.3$:

$$w_1^{\xi\xi} = (1/6)^2 (0,613 + 0,613) = 0,034; \quad (10)$$

$$m^{(\xi)} = -(0,034 + 0,3 \cdot 0,034) = -0,0442. \quad (11)$$

Выполним расчет, следуя методике [1]. Под равномерной нагрузкой интенсивностью q пластинка вызовет в колонне реакцию R . Устранив из системы колонну получим шарнирно опёртую

квадратную плиту, несущую лишь заданную нагрузку q , прогибы производимые этой нагрузкой - w_0 . Далее устранив нагрузку q и проложив в центре сосредоточенную силу получим прогибы w_1 . Из условия что пластинка в центральной точке не прогибается получим значение реакции $R = w_0/w_1$. Значения моментов в расчётных точках получены методом суперпозиции.

В таблице приведены значения изгибающих моментов на опоре и в четверти пролёта, а также

значение реакции в колонне при разном числе разбиения. Одновременно расчет выполнялся

МКЭ с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР 2013 R3.

Таблица 1

Результаты расчёта задачи 1

	R	$m_1^{(\xi)}$	Изгибающий момент в четверти пролёта	
1/4	-0.2946	-0.0261	$m^{(\xi)}$	$m^{(\eta)}$
1/6	-0.3170	-0.0443		
1/8	-0.3283	-0.0570	0.001	0.0192
МКЭ	-	-0.0482	0.0009	0.019
по [1]	-0.3584	-0.0588	0.0004	0.0174

Расчет проводился на сетке с разным шагом. Из таблицы видно, что полученные значения R на опоре увеличиваются с уменьшением шага. Особенность в центральной точке связана с характером сосредоточенного воздействия на плиту.

2. Рассмотрим теперь квадратную шарнирно опёртую плиту на четырёх опорах, на действие

$$\tilde{m}_1 = 0.372; \tilde{m}_2 = 0.122; \tilde{m}_3 = 0.4264; \tilde{m}_4 = -0.6552; \tilde{m}_5 = 0.2918; \tilde{m}_6 = 0.3959; \\ \tilde{w}_1 = 0.2424; \tilde{w}_2 = 0.1493; \tilde{w}_3 = 0.233; r = -0.3707; \tilde{w}_5 = 0.1782; \tilde{w}_6 = 0.188$$

Безразмерные изгибающие моменты вычисляются по (5) с учётом (6) и (7) при $\mu = 0.2$:

$$w_4^{\xi\xi} = (1/6)^2 (0.1782 + 0.1493) = 0.0091; (12)$$

равномерно распределённой нагрузки $q=1$. Расчетная схема представлена на рис. 4. Система разрешающих уравнений аналогична первой задаче, за исключением того, что скачки учитываются в точке 4, а не в точке 1. Откуда получаем решение:

$$m_4^{(\xi)} = -(0.0091 + 0.2 \cdot 0.0091) = -0.0109. (13)$$

В таблице приведены значения изгибающих моментов при разном числе разбиения.

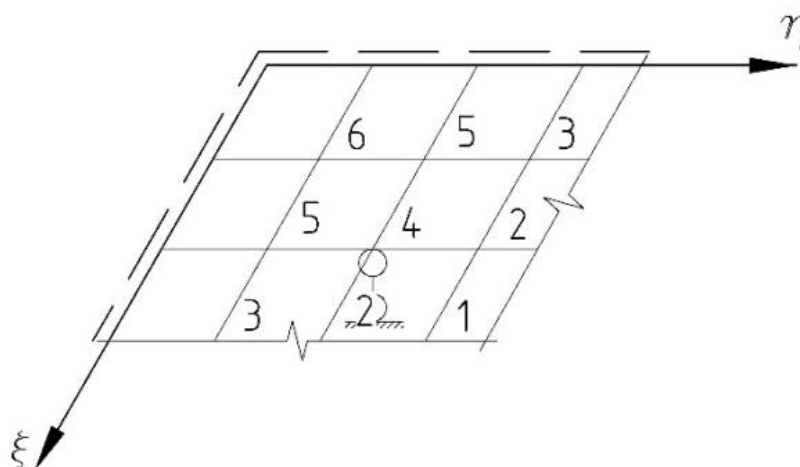


Рис. 4. Четверть расчетной схемы к задаче 2

Таблица 2

Результаты расчёта задачи 2

	h=1/6			h=1/9
№ точки	4	5	6	момент на опоре
$m^{(\xi)}$	-0.0109	0.00018	0.0066	-0.0168
МКЭ	-0.0119	0.00018	0.0054	-0.0119
$m^{(\eta)}$	-0.0109	0.0095	0.0066	-
МКЭ	-0.0119	0.0079	0.0054	-

Анализ результатов, приведенных в таблице 2, показывает, что при достаточно редком разби-

ении значения изгибающих моментов в расчетных точках близки к значениям полученным ме-

тодом конечных элементов. Относительная погрешность момента в точке 4 (на опоре) при $h=1/6$ составляет 9 %. Это позволяет судить о сходимости результата на минимальной сетке. Предложенный алгоритм решения можно использовать как дополнительный вариант расчета, наряду с другими методами.

Выводы. Решение тестовых задач на ряде сеток и использование принципа суперпозиции позволило подтвердить достоверность полученных результатов и решить новые задачи о расчете безбалочного перекрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки пер. с англ. М., Наука, 1966. 635 с.
2. Габбасов Р.Ф., Габбасов А.Р., Филатов В.В. Численное построение разрывных решений задач строительной механики. М.: Изд-во АСВ, 2008. 280 с.
3. Киселев В.А. Расчет пластин. М: Стройиздат, 1973. 151 с.
4. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями / НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР, Центр. н.-и. и проект.-эксперим. ин-т пром. зданий и соор. Госстроя СССР, Урал. проект. и н.-и. ин-т Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1979. 63 с.
5. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. К.: Будивельник, 1973. 488 с.
6. Михайлов Б.А. Пластинки и оболочки с разрывными параметрами. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1980. 196 с.
7. Золотов А.Б., Акимов П.А., Сидоров В.Н. Мозгалева М.Л. Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2009. 336 с.
8. Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Изд-во: М.: Инфра-М; издание 2-е, испр. и доп, 2011. 638 с.
9. Li C., Zeng F. Finite difference methods for fractional differential equations // International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering. 2012. Т. 22. № 4. С.1230014.
10. Самохвалова Е.О., Иванов А.Д. Стык колонны с безбалочным бескапитальным перекрытием в монолитном здании // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. С. 33–37.
11. Шарипов Л.Ш., Муминов И.С. Безбалочное перекрытие для строительства многоэтажных зданий из монолитного железобетона // Вестник Таджикского технического университета. 2014. Т. 4. № 28. С. 107–110.
12. Рогалевич В.В., Тимашев С.А. Новый приближенный метод расчета гибких пластин постоянной и переменной жесткости // Академический вестник УралНИИ-Проект РААСН. 2012. № 1. С. 52–56.
13. Абрашитов В.С., Жуков А.Н., Карев М.Н., Кислицин Н.М., Лодяной К.А. Расчет квадратной пластины на изгиб. Формирование локальной матрицы жесткости // В сборнике: Эффективные строительные конструкции: теория и практика сборник статей XVI Международной научно-технической конференции. Под редакцией Н.Н. Ласькова, 2016. С. 24–35.
14. Жилкин В.А. Расчет шарнирно опертых прямоугольных пластин методом конечных разностей в MathCAD // АПК России. 2017. Т. 24. №1. С. 119–129.
15. Байшев А.Ю., Байшев Ю.П., Голубева Е.А., Годзевич Э.В., Плохих В.И. Инновационные подходы к архитектурно-строительному проектированию железобетонных перекрытий многоэтажных зданий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. №1 (32). С. 69–73.

Информация об авторах

Уварова Наталия Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной и теоретической механики.

E-mail: nbuvarova@yandex.ru

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

Парамонов Евгений Евгеньевич, студент.

E-mail: evg.paramonov@yandex.ru

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

Поступила в октябре 2017 г.

© Уварова Н.Б., Парамонов Е.Е., 2018

N.B. Uvarova, E.E. Paramonov**APPLICATION OF THE GENERALIZED EQUATIONS OF FINITE DIFFERENCE METHOD TO THE CALCULATION OF BENT PLATES OF LOCAL AND DISCONTINUOUS LOADINGS**

The article is devoted to the calculation of a bent plate of local discontinuous loadings. We use generalized equations of finite difference method (FDM). These equations allow to solve a problem taking into account the discontinuities of a required function, its first-order derivative and the right-hand side of a primitive differential equation within integration domain. The Germain–Lagrange dynamic plate differential equation comes to two numerical similarities. Obtained equations are set down for every computational point. The proposed method is shown in the example of the calculation of an unrestrained plate with pin-bearing support in the center and an unrestrained plate with pin-bearing support in four points under uniformly distributed load. The calculation data with the minimum number of partitions is compared to the known solution of S.P. Timoshenko and Finite Element Method (FEM). These results illustrate the convergence of solution, so numerical method can be applied.

Keywords: bent plate, refined, isotropic, discontinuous loadings, local, computational solution, generalized equations of finite difference method.

Information about the authors

Natalia B. Uvarova, PhD, Assistant professor.

E-mail: nbuvarova@yandex.ru

Moscow state university of civil engineering (national research university).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Evgeniy E. Paramonov, Bachelor student.

E-mail: evg.paramonov@yandex.ru

Moscow state university of civil engineering (national research university).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in October 2017

Храбатина Н.В., ст. преп.,
Пусный Л.А., ст. преп.,
Дубино А.М., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕГАПОЛИСОВ*

arhitektura_bgty@mail.ru

Статья посвящена актуальной и малоизученной проблеме освоения подземного пространства мегаполисов. В статье четко определена роль использования подземного пространства в решении неотложных проблем развития больших городов. Также рассмотрены примеры использования подземных пространств мегаполисов. Обоснована возможность и целесообразность строительства туннелей. Показаны перспективы подземного строительства. Рассматриваются предложения по использованию подземного пространства крупных городов и мероприятия по освоению подземного пространства и развитию подземной урбанизации.

Ключевые слова: архитектура, строительство, подземное пространство, мегаполис, урбанизация.

Из глобальной проблемы освоения недр нашей планеты в качестве исключительно важного направления следует выделить освоение подземного пространства мегаполисов. Мировой опыт строительства свидетельствует о том, что решение широкого спектра социально-экономических, экологических и архитектурно-планировочных проблем городов невозможно без комплексного использования их подземного пространства.

Использование подземного пространства больших городов рассматривается как один из возможных вариантов решения этой проблемы. Мировая площадка все больше поглощается городской средой. Так с 2008 года больше, чем половина мирового населения проживает в городах, и ожидается, что в течение последующих четырех десятилетий население планеты увеличится до 10 миллиардов человек. Поскольку прогнозы указывают на то, что численность сельского населения останется неизменной, рост населения стоит ждать именно на территориях городов. К 2050 году 70 % всех людей будут жить в городах [7].

Развивающимся странам, которых урбанизация населения коснется в первую очередь, необходимо будет удовлетворить возрастающие потребности в инфраструктуре. Создание комфортных условий жизни городского населения превращается в сверхсложную задачу. Для ее решения по всему миру осваивают подземное городское пространство, не ограничиваясь лишь строительством метро. Хотя высокая плотность населения в мегаполисах может стать помощником городам в становлении более энергоэффективными, она не позволит гражданам обеспечить себя высоким уровнем жизни. Городское население

предъявляет завышенные требования к окружающей среде в отношении: безопасной и надежной транспортировки людей и товаров; надежных коммунальных услуг и канализации; сокращения использования энергии; снижения уровня выбросов и уровня шума; эстетики и сохранении наследия; эффективного использования общественного пространства [6]. Такой список требований часто создает серьезные проблемы, поскольку пространство, необходимое для разработки новых функций или улучшения существующих, зачастую не всегда доступно. Одним из факторов улучшения условий жизни является эффективное и комплексное использование подземного пространства вкупе с новыми смелыми архитектурными решениями. Важно не только решить проблему густонаселенности, но и улучшить качество жизни: безопасность, здоровье, удобство и комфорт [8].

Парадокс заключается в том, что для застройки подземное пространство рассматривается лишь тогда, когда пространство на поверхности истощается и никаких других альтернативных решений данной проблемы нет.

Однако в последние десять лет наблюдается существенный рост строительства подземных сооружений разнообразного назначения. На данный момент в мире реализуется 650 проектов крупных подземных сооружений с годовым капиталовложением 40 млрд. долл. США.

Это обусловлено тем, что если раньше стоимость подземных работ была в несколько раз выше наземных, то сегодня, в силу совершенствования технологии и техники подземные работы во многих случаях незначительно (на 15–20 %) дороже наземных, особенно в зонах плотной застройки [3].

Такие города, как Торонто, Хельсинки и Гонконг, уже имеют свои сети пешеходных туннелей, либо позволяющие спрятаться от ненастной погоды, либо предоставляющие безопасные пешеходные дороги в районе с интенсивным автомобильным движением. Также в подземном Хельсинки можно увидеть бассейн, спортивный комплекс, парк развлечений и многое другое (рис. 1).

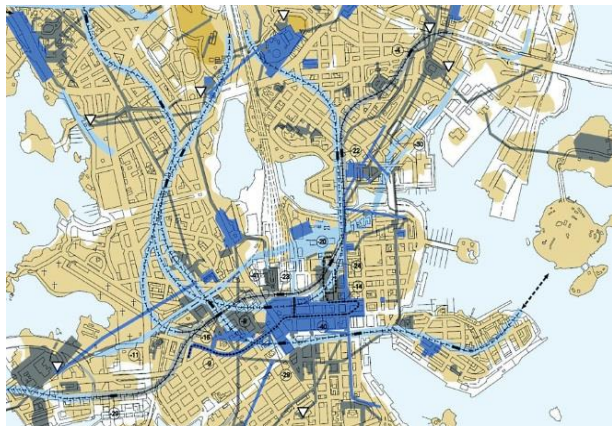


Рис. 1. Генеральный план подземных пространств г. Хельсинки

Подземное строительство параллельно со строительством подземных объектов локального типа в пределах одного города или страны переходит к сооружению подземных транспортных артерий между странами и континентами.

Вопрос создания всемирной системы подводных туннелей был рассмотрен на Международном конгрессе туннелестроителей, который состоялся в Штутгарте в мае 1995 года [3]. На конгрессе речь шла о соединении континентов подводными туннелями и о создании единой системы железных дорог.

В настоящее время под Гибралтаром проектируется «Подземное окно» из Европы в Африку, а также уже ведутся подготовительные работы (рис. 2).

Основные параметры принятого варианта:

- длина подводной части – 28 км;
- длина трассы – 38 км;
- глубина от поверхности воды – 300 м;
- глубина от дна пролива – 100 м.

В Японии в это же время разрабатывается идея соорудить подводный туннель под проливом Лаперуза, тем самым связав железнодорожным путем японский северный остров Хоккайдо и русский остров Сахалин (рис. 3).

Учитывая, что в настоящее время в Японии все острова соединяет между собой железная дорога, то через сахалинский туннель Япония получает доступ к железнодорожной сети России, Англии и Европы.

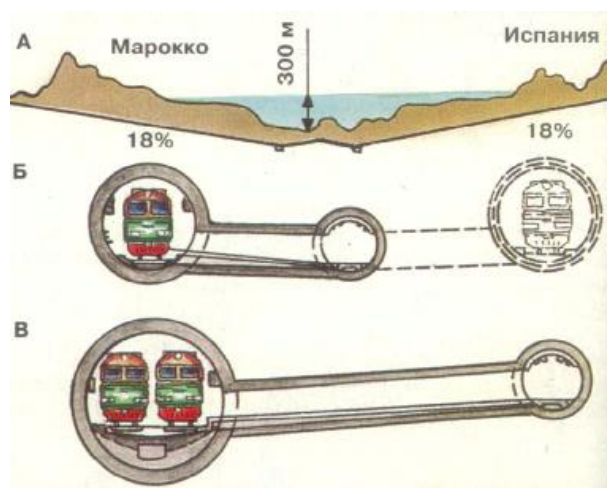


Рис. 2. Проект туннеля под Гибралтарским проливом (А – профиль; Б – два однопутных туннеля; В – один двухпутный и сервисный туннель) [3]



Рис. 3. Карта Дальнего Востока России, севера Японии и пролива Лаперуза, под которым проектируется сооружение туннеля [4]

Возникло даже отдельное направление – подземная урбанистика (подземное градостроительство). Профессор Г.Е. Голубев определяет ее как «область архитектуры и градостроительства, связанная с комплексным использованием подземного пространства городов и других населенных пунктов» [1].

Это также отражается в японской концепции градостроительства: «На сколько город растет вверх, на столько же он должен опускаться вниз» [2].

В подземной урбанистике в настоящее время складывается совершенно новая концепция – переход к созданию подземных городов-дублеров.

Главной характерной чертой такого подхода выступает то, что пространство под землей рассматривается как среда постоянного обитания городских жителей. Для этого необходимо решить

сложнейшие научно-технологические и социальные проблемы мирового масштаба.

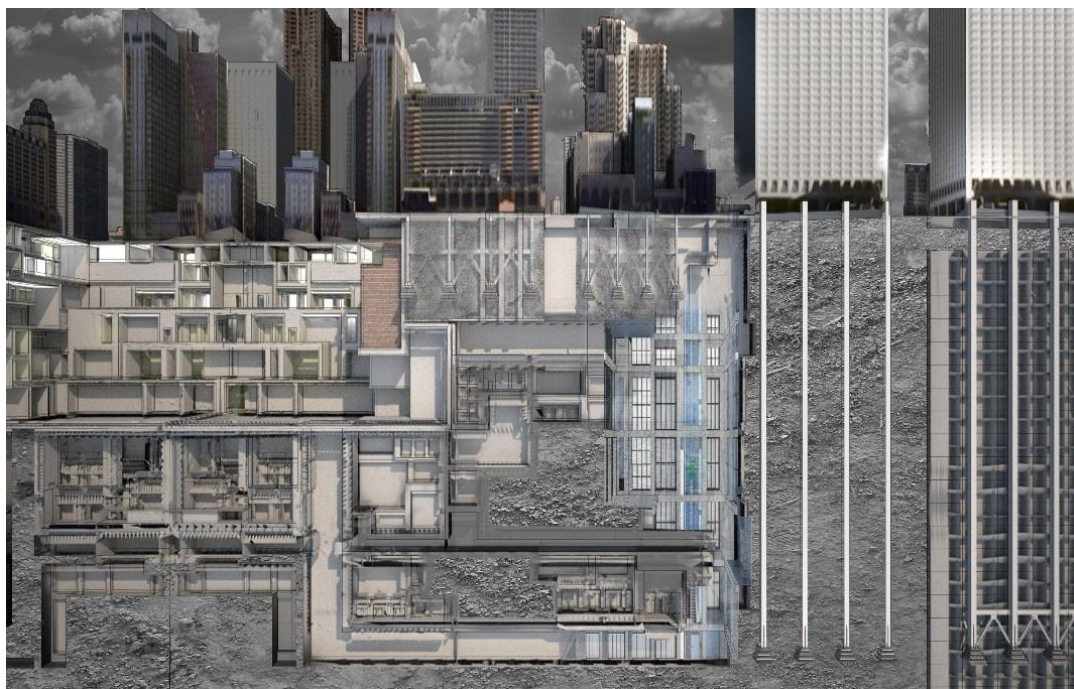


Рис. 4. Подземные города будущего

На данный момент разработано уже достаточно много впечатляющих проектов. Компания BNKR Arquitectura разрабатывает 70-этажный подземный небоскреб в форме пирамиды, который будет построен под Сокало – главной площадью Мехико. По предварительным данным авторов проекта суммарный метраж подземного комплекса составит 775 тысяч квадратных метров. На поверхности площадь останется прежней, только под ногами гуляющих граждан и туристов вместо плитки и асфальта будет расположено сверхпрочное стекло. На десяти верхних этажах планируется расположение музейного комплекса. Следующие десять этажей отдадут под торговые комплексы, еще ниже будут построены жилые апартаменты. Помещения на глубине 180-220 метров займут офисы. Нижняя точка сооружения, вершина этой перевернутой пирамиды, будет находиться на глубине 300 метров.

В качестве еще одного примера можно привести проект архитекторов Университета Торонто: подземный город в пустыне Невада. Предполагается, что это место может стать вполне обитаемым и самодостаточным в плане воды и продовольствия. Куполообразное перекрытие подземного сооружения предусматривает устройство «пчелиных сот». В этих сотах и будут находиться соединенные друг с другом города будущего со всех их инфраструктурой. Каждая из сот сверху будет перекрываться специальной

мембраной, необходимой для конденсации воды из атмосферы.

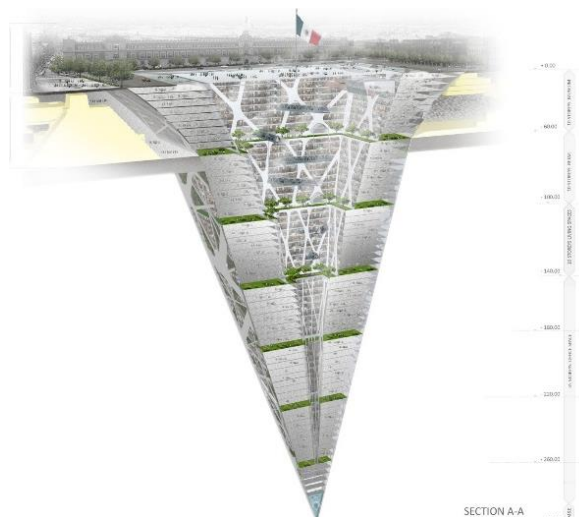


Рис. 5. Проект подземного небоскреба в Мехико

Итак, рассмотрев поближе данную проблематику, можно прийти к выводу, что подземное развитие действительно является важным инструментом в развитии и перестройке городских районов для решения задач будущего. Ведь мы всегда ощущаем на себе на подсознательном уровне влияние архитектурной среды: где нам уютно и непринужденно, а где дискомфортно, что в разной степени мотивирует позитивный

настрой на общение, работу, учебу и другую поведенческую активность [5]. Размещение инфраструктуры и других объектов в подполье дает реализовать новые функции в городских районах, не разрушая наследия или негативно влияя на поверхностную среду, и в то же время предоставляя возможности для долгосрочного улучшения экологического воздействия городов и более эффективного использования ресурсов. Эти преимущества существуют для перестраиваемых городов, но могут быть осуществлены более легко и эффективно с точки зрения затрат.

Освоение подземного пространства мегаполисов позволит применять такие функции, как транспортные развязки, театры, торговые центры, объекты общественного питания. Все это обеспечит устойчивое развитие городов, приведет к их большей компактности и позволит образовать благоприятную среду для жизнедеятельности: больше наземного пространства для отдыха и социальной активности, зеленых полей и жилых районов.

Увеличение использования подземного потенциала даст возможность более эффективно использовать пространство, сделает систему движения мобильнее, что приведет к снижению количества уровня шума и вредных выбросов и как следствие к обновлению и улучшению качества жизни в мегаполисе.

**Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубев Г.Е. Подземная урбанистика и город. М.: МИКХиС, 2005. 124 с.
2. Картозия Б. Города уйдут под землю? // Кот Шрёдингера. 2016. №4 (16). Интернет ресурс: <http://kot.sh/statya/1796/goroda-uydut-pod-zemlyu>
3. Лысиков Б.А. Проблемы мирового тоннелестроения // Известия Донецкого горного института: Всеукраинский научн.-техн. журн. Горного профиля. 2000. № 1. С. 92–100.
4. Лысиков Б.А., Каплюхин А.А. Использование подземного пространства. Донецк: «Норд-Компьютер», 2005. 390 с.
5. Храбатина Н.В., Андреева Н.В. Роль цвета в проектировании архитектурной среды // Научные технологии и инновации. В сб.: Юбилейная международная конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. С. 23-25.
6. Broere W. Urban problems – underground solutions. In: Zhou, Y., Cai, J., Sterling, R. (Eds.), ACUUS 2012 Advances in Underground Space Development. 2012. Pp. 1–12.
7. UN, 2007. World Population Prospects: The 2007 Revision. Technical Report. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. UN, 2013. World Population Prospects: The 2012 Revision. Technical Report ESA/P/WP.228. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
8. UN, 1961. An Interim Report on the International Definition and Measurement of Levels of Living. Technical Report Ecn.3/270/Rev.1-E.CN.5/353, United Nations (UN).

Информация об авторах

Храбатина Наталья Викторовна, старший преподаватель.

E-mail: khrabatina.natalia@yandex.ru.

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

Пусный Леонид Анатольевич, старший преподаватель.

E-mail: leonid1969@rambler.ru.

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

Дубино Анастасия Михайловна, студент.

E-mail: anastuzi@gmail.com.

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

Поступила в октябре 2017 г.

© Храбатина Н.В., Пусный Л.А., Дубино А.М., 2018

N.V. Hrabatina, L.A. Pysnyj, A.M. Dubino

DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE OF MEGAPOLISES

The article is devoted to the actual and poorly studied problem of mastering the underground space of megacities. The article clearly defines the role of using underground space in solving urgent problems of the development of large cities. Examples of the use of underground spaces of megacities are also considered. The possibility and expediency of building tunnels is substantiated. The prospects of underground construction are shown. The proposals on the use of the underground space of large cities and measures for the development of underground space and the development of underground urbanization are considered.

Keywords: architecture, construction, underground space, metropolis, urbanization.

Information about the authors

Natalia V. Hrabatina, Senior lecturer.

E-mail: khrabatina.natalia@yandex.ru.

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

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

Leonid A. Pysnyj, Senior lecturer.

E-mail: leonid1969@rambler.ru.

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

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

Anastasia M. Dubino, Bachelor student.

E-mail: anastuzi@gmail.com.

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

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

Received in October 2017

¹Мальцева Е.В., ассистент,²Никифоров Ю.А., канд. арх., проф.¹Тюменский индустриальный университет²Уральский архитектурно-художественный университет

РОЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК В СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

lena-norton@yandex.ru

В статье рассматриваются современные тенденции проектирования производственных комплексов с акцентом на активное включение инновационных разработок в процесс не только производства продукта, но и в архитектуру. В статье приведены зарубежные примеры, которые демонстрируют достижения инновационной архитектуры и способность ее влияния на будущее промышленной архитектуры.

Ключевые слова: промышленная архитектура, инновационная архитектура, технологический центр.

Высокие требования мирового рынка способствуют не только развитию инновационных направлений в различных отраслях производства, но и дают четкий ориентир развивающимся архитектурным тенденциям в области проектирования промышленных объектов. Промышленная архитектура находится в состоянии постоянного поиска новых проектных решений, где технологические инновации вдохновляют применение инновационных разработок для достижения идеальной функциональности и высшей степени эстетики [1, 12]. Видные архитекторы и инженеры задумали и планируют, на первый взгляд, невозможные вещи, и тем самым способствуют прогрессу в нашем мире.

Сам процесс взаимодействия высокотехнологичного производства и высокотехнологичной архитектуры представляет особый интерес, и в начале XXI века наметилась тенденция на использование такого процесса для создания уникальных образов производства, и тем самым создания и поддержания имиджа предприятия [8].

Вместе с тем, архитектурные объекты, изначально ориентированные особым назначением и функциональными возможностями, но характеризующиеся именно инновационностью в используемых технологиях, конструктивных решениях, материалах, инженерной инфраструктуре, прежде всего, относятся больше к объектам общественного назначения. В качестве примеров можно привести «экоздания», в которых основными целевыми задачами является обеспечение собственных потребностей в отоплении, электричестве, вентиляции и кондиционировании, минимальная зависимость от внешних инженерных систем, безотходность всех процессов жизнедеятельности людей; максимальное снижение экс-

плуатационных затрат и др. Такие же задачи ставятся и при проектировании уникальных объектов с ярко выраженной целевой направленностью: олимпийские спортивные комплексы, транспортные узлы государственного и регионального значения (аэропорты, железнодорожные вокзалы, морские и речные порты) [10, 11], сложнейшие в инженерном исполнении мостовые переходы, автомобильные развязки, тоннели), многофункциональные комплексы и т.д. [5].

В области промышленной архитектуры, которая практически всегда находится как бы на втором плане, роль инновационных разработок позволяет по-новому направить работу специалистов разных профилей в процессе решения архитектурно-градостроительной задачи [8, 13, 14]. Оригинальность технических решений, основанных на использовании современных технологий, материалов, инженерных и научно-технических достижений, придает особый импульс такому взаимодействию и способствует возникновению личных или корпоративных амбициозных устремлений, идеологических или коммерческих соображений, инициирующих заказные проекты уникальных промышленных объектов [3]. Одним из ярких примеров такого симбиоза под руководством канадско-американского инженера, предпринимателя, изобретателя, инвестора и миллиардера Илона Маска является реализация проекта Gigafactory – гигантского завода по производству аккумуляторов для электромобилей компании Tesla (рис. 1).

Уже сейчас на стадии строительства внедряется ряд эффектных инноваций будущего производства:

- завод в виде гигантского моноблока площадью 0,93 кв. км станет вторым строением в мире

и будет уступать только заводу Everett, на котором Boeing строит свои самолеты;

- энергетический комплекс предприятия не будет использовать ископаемое топливо. На территории Gigafactory не будет газопроводов и дизельных генераторов;

- всю площадь покрытия моноблока покроют солнечные панели, а также они будут расположены на территориях вокруг фабрики. Кроме этого будут использованы ветряные и геотермальные источники, а также системы хранения энергии;

- Gigafactory – это безотходное производство, количество вредных выбросов которого должно быть сведено к нулю, что в свою очередь потребует применения эффективных природоохранных технологий. На территории завода будет работать инновационный центр переработки всех видов отходов. Компания намерена перерабатывать вышедшие из употребления литий-ионные аккумуляторы прямо на заводе. Никель, литий и алюминий будут использоваться повторно;

- при строительстве Gigafactory решается сложнейшая задача по разработке сейсмостойких

фундаментов моноблока, которые будут нести четыре основных структурных секций здания с расчетом на возможные природные катаклизмы;

- сборочный процесс основной продукции предприятия – аккумуляторов совместно с людьми будут осуществлять роботизированные механизмы, которые размещаются на электронных инновационных тележках. Эти «автоматически управляемые транспортные средства» могут, при желании, быть перемещены в любое место цеха, что позволит оптимизировать скорость и качество сборки, и отказаться от стационарных традиционных конвейерных технологий;

- некоторые линии производства предлагается оснастить платформами, которые передвигаются на магнитной подушке. В случае необходимости расширения производства или смены места расположения линии, оборудование в короткий срок может быть перемещено практически без существенных затрат, что позволяет активно внедрять различные экспериментальные технологии и формировать внутреннее пространство завода в соответствии с потребностями производства.



Рис. 1. Общий вид проекта Gigafactory

К 2020 году Илон Маск планирует запустить основные производственные участки Gigafactory, которые будут производить батареи для полу-миллиона электромобилей. Помимо основной продукции для автопрома будут выпускаться специальные батарейные установки для домашнего и промышленного применения в качестве аварийных источников энергии [2, 4].

Конечно, в мире к таким амбициозным проектам относятся неоднозначно, но сам факт реализации перечисленных инновационных разработок указывает на то, что конкретный инновационный продукт, обусловленный определенными целями, предопределяет поиск нововведений и внедрение их в пространственную систему объекта.

С начала 21 века большое внимание уделяется теоретическим и экспериментальным разработкам производственных компаний, которые, в свою очередь, служат фундаментом для практического применения инноваций в производимом продукте [8, 14, 15]. Как следствие, акцент в производственном комплексе часто ставится на архитектуру технологического центра. Одни из самых известных и ярких примеров таких технологических центров, инновационных не только в своем содержании, но также и в архитектурном воплощении – это исследовательский центр Hankook Technodome. Проект выполнен, основанной сэром Норманом Фостером (Norman Foster) архитектурной фирмой Foster + Partners,

как центр инноваций для южно-корейского производителя шин фирмы Hankook (рис. 2–4).



Рис. 2. Общий вид центра под единым куполом

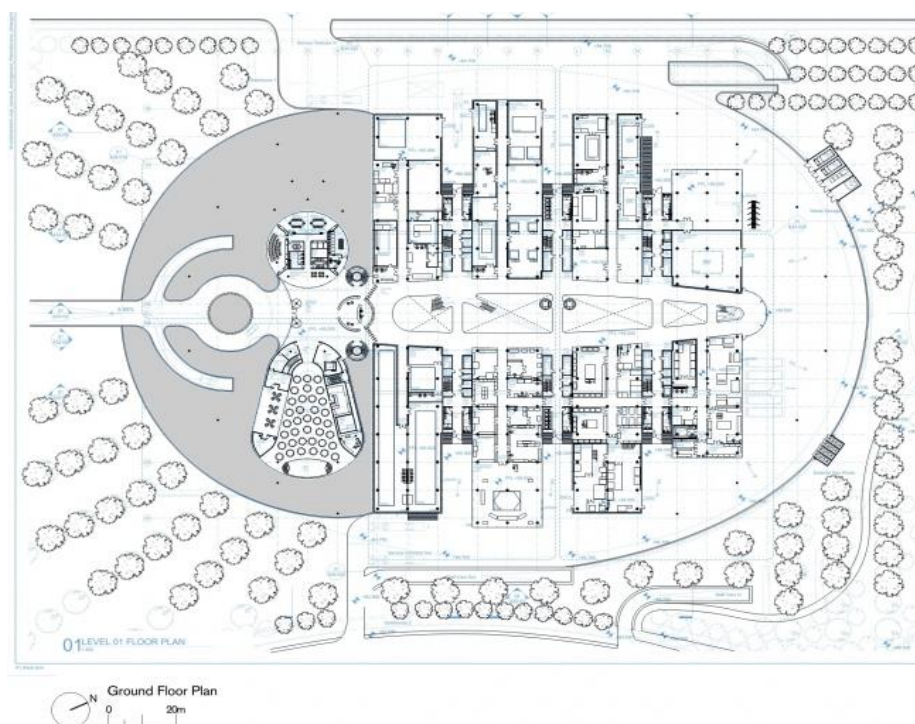


Рис. 3. План-схема технологического центра

Компания Hankook Technodome в стремлении обеспечить лидерство в сфере современных разработок, предложила проектировщикам применить оригинальные технологии в проекте собственного технологического центра. Поэтому, появилась идея весь ультрасовременный дизайн многофункциональной структуры комплекса построить в виде «космического объекта – летающей тарелки», добавив к нему жилой 8-этажный

блок, где расположены квартиры для сотрудников, фитнес-центр, медицинские центры, кафе и центры по уходу за детьми. Реализация «космического» образа в совокупности с почти космическими технологиями в экологическом аспекте строительства призвана сыграть ключевую роль в глобальных исследованиях компании Hankook, которая к тому же получила Золотой сертификат Совета по экологическому строительству США USGBC [7].

Приведенные в статье примеры убедительно показывают, что сегодня повсеместно идет активная реорганизация крупных корпораций и их технологических центров и исследовательских подразделений, работающих в сфере высоких технологий. Формирование новых конфигураций происходит и в самой промышленной архитектуре этих объектов. Можно выделить несколько направлений:

- а) укрупнение сопутствующих проектных задач в экологии и зеленой архитектуре;
- б) привлечение в проектный процесс широкого спектра партнеров и организаций к внедрению инновационных процессов;
- в) создание вдохновляющей имиджевой роли производственной и интеллектуальной среды.



Рис. 4. Дизайн внутреннего пространства

В России также действует программа инновационной политики, предусматривающая развитие инфраструктуры исследований и разработок, создание и развитие исследовательских центров в рамках различных организационных моделей, включая реорганизацию схемы НИИ под технологические центры крупных госкорпораций. В программе призвано поощрять развитие креативности и приобщение к творчеству в любой сфере деятельности [6]. Поэтому формирование новой архитектуры предприятий и их исследовательских центров предполагает адаптацию для этих целей не просто отдельных направлений социально-экономической политики, но и общественной среды в целом, создание условий для свободы творчества и самовыражения [9, 10].

Заключение. Инновационность производственного и научно-экспериментального пространства предусматривает не только новые архитектурные решения и новые формы, но и возникающие при этом возможности перехода от задач сегодняшнего дня к задачам ближайших десятилетий. Новый эволюционный этап развития инновационной промышленной архитектуры будет связан, прежде всего, с возросшими требованиями к градостроительной безопасности, энергоэкономичности и экологичности производ-

ственных объектов. Особая роль при этом отводится активизации влияния предприятий на структуру социально-культурных центров городов, на их взаимосвязь с исторической и природно-ландшафтной средой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Довбий И., Ловтаков А. Инновации как феномен // Креативная экономика. 2013. № 10 (82). С. 66–72.
2. 8 главных инноваций Gigafactory Илона Маска [Электронный ресурс]; режим доступа: https://hightech.fm/2016/04/16/8_innovations_gigafactory (дата обращения: 19.12.2016).
3. Кубышкин Сергей Александрович Симбиоз человека и техники // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2013. №2. С. 40–44.
4. The new 'Gigafactory' of Tesla will be inaugurated on July 29 [Электронный ресурс]; режим доступа: <https://www.carsadviser.net/the-new-gigafactory-of-tesla-will-be-inaugurated-on-july-29/> (дата обращения: 19.01.2017).
5. Бабич В.Н., Кремлев А.Г. Инновационные аспекты архитектурной деятельности. Синергетический подход. Архитектон: известия вузов. 2014. № 47. URL: http://archvuz.ru/2014_3/2

6. Распоряжение Правительства РФ от 8 декабря 2011 г. № 2227-р «О Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 г».

7. Hankook Tire R+D Centre, Hankook Technodome opens in South Korea [Электронный ресурс]; режим доступа: <http://www.fosterandpartners.com/news/archive/2016/10/hankook-tire-rplusd-centre-hankook-technodome-opens-in-south-korea/> (дата обращения: 13.01.2017).

8. Вершинин В.И. Эволюция промышленной архитектуры. М.: Архитектура-С, 2007. 176 с.

9. Владимирский Ю.А. Художественная форма технологического оборудования как элемент интерьера // Вопросы градостроительства и архитектуры Урала Межвузовский сборник. М.: Изд-во Московского архитектурного ин-та, 1987. С. 62–73.

10. Бархин М.Г. Динамизм архитектуры // АН СССР. ВНИИ искусствознания М-ва культуры СССР. М.: Наука, 1991. 191 с.

11. Блохин В. В. Композиция в промышленной архитектуре. М.: Стройиздат, 1977. 52 с.

12. Ким Н.Н. Промышленная архитектура. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1988. 244 с.

13. Сербинович П.П., Орловский Б.Я., Абрамов В.К. Архитектурное проектирование промышленных зданий: (Архит.-композиц. и объемно-планировочные решения): Учеб. пособие для строит. вузов и фак. М.: Высш. школа, 1972. 407 с.

14. Industry and modernism : companies, architecture, and identity in the Nordic and Baltic countries during the high-industrial period / ed. by Anja Kervanto Nevanlinna. 2007. С. 392–401.

15. Jones E. Industrial architecture in Britain, 1750-1939. New York ; Oxford : Facts on File, 1985. 239 с.

Информация об авторах

Мальцева Елена Викторовна, ассистент кафедры архитектуры и дизайна.

E-mail: lena-norton@yandex.ru

Тюменский индустриальный университет.

Россия, 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Никифоров Юрий Алексеевич, кандидат архитектуры, профессор кафедры архитектурного проектирования.

E-mail: house555@inbox.ru.

Уральский государственный архитектурно-художественный университет.

Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 23.

Поступила в ноябре 2017 г.

© Мальцева Е.В., Никифоров Ю.А., 2018

E.V. Maltceva, Y.A. Nikiforov

THE ROLE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE MODERN INDUSTRIAL ARCHITECTURE

There are modern trends of industrial complex designing with innovation engineering consider in the article. These engineering are parts of industrial process, and also a part of architecture. There are foreign experience examples which illustrate superlatives of modern innovative architecture and its possibility to influence to the future of industrial architecture.

Keywords: industrial architecture, innovative architecture, Technology Centre

Information about the authors

Elena V. Maltceva, Assistant professor.

E-mail: lena-norton@yandex.ru

Tyumen Industrial University

Russia, 625000, Ural Federal District, Tyumenskaya oblast, g. Tyumen, St. Volodarsky, 38.

Yuri A. Nikiforov, PhD, Professor.

E-mail: house555@inbox.ru.

Ural State University of Architecture and Art.

Russia, 620075, Ekaterinburg, K. Liebknecht str., 23.

Received in November 2017

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI:10.12737/article_5a5dbf08d54d48.73587792

Барбаниягрэ В.Д., д-р техн. наук, проф.,**Стронин А.А., магистрант****Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**

ВЛИЯНИЕ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛИНКЕРА АССОРТИМЕНТА МЕЛЮЩИХ ТЕЛ И ИНТЕНСИФИКАТОРА ПОМОЛА

aleksandr.stronin@rambler.ru

Усовершенствование технологий возведения зданий и сооружений привело к ускорению темпов строительства, что естественно вызвало рост потребительского спроса на портландцементы. Зачастую строящиеся сооружения имеют очень сложную архитектуру, поэтому возникает необходимость в использовании цемента, который быстро взаимодействует с водой, и в течение всего времени твердения равномерно набирает прочность. Для получения подобных цементов, необходимо, чтобы они имели строго определенный гранулометрический состав. Авторами данной работы вначале было проведено исследование по изучению воздействия на гранулометрический состав портландцементного клинкера разных ассортиментов мелющих тел, а затем повторили эксперименты, но уже с вводом интенсификатора помола. В ходе проведения исследований было установлено изменение в продукте измельчения содержания основных фракций при использовании разных ассортиментов мелющей загрузки. Ввод интенсификатора помола не во всех опытах приводил к заметным изменениям в гранулометрическом составе.

Ключевые слова: измельчение клинкера, интенсификатор помола, ассортимент мелющих тел, плотная шаровая упаковка, гранулометрический состав.

Качество, получаемого портландцементного клинкера заключается не только в величине тонкости помола, определяемой по величине удельной поверхности и полным остаткам на стандартных ситах № 02 и № 008, а еще и гранулометрическим составом [1].

Фракционный состав сильно влияет на активность цемента, т.к. скорость гидратации его частиц зависит от их размера, чем она меньше, тем быстрее гидратирует, а, следовательно, с большей скоростью нарастает прочность цементного камня. Но при чрезмерно большом содержании мелкой фракции в продукте помола, цементное тесто обладает повышенной водопотребностью, что в дальнейшем приведет к спаду прочности цементного камня [2]. В результате необходимо стремиться к тому, чтобы в измельченном клинкере в оптимальном количестве содержались бы частицы разного размера.

Некоторые авторы указывают разный диапазон размера частиц для мелкой, средней и крупной фракции, а также оптимальное их количество и время необходимое для полной гидратации данной фракции. Так, например, Классен В. К. [3] указывает, что фракция размером 0–3 мкм полностью гидратирует в первые сутки твердения, 3–30 мкм – в течение 28 суток, фракция более 60 мкм гидратирует лишь после 28 сут. Иван-Городов А.Н. [4] считает, что для обеспечения равно-

мерного твердения цементного камня в естественных условиях и получения высокой механической прочности в ранние сроки твердения, необходимо, чтобы измельченный клинкер имел следующий зерновой состав: 0–5 мкм не более 20 %; 5–20 мкм – 40–45 %; 20–40 мкм – 25–20 %; больше 40 мкм – 15–20 %.

Отсюда видно, что варьируя гранулометрический состав клинкера можно получать цементы различных марок [3]. Так для получения рядовых цементов содержание частиц размером 3–30 мкм должно находиться в интервале 40–50 %, а для получения высокопрочных – 55–65 % [3].

Для получения материала с узким фракционным составом нужно увеличить энергоэффективность процесса измельчения в шаровой мельнице. Этого можно достичь, используя разработанную профессором БГТУ им. В.Г. Шухова Барбаниягрэ В.Д., плотную шаровую упаковку (ПШУ) [5], а также экспериментально определенным ассортиментом мелющих тел и интенсификатором помола.

Целью данной работы было исследование влияния на гранулометрический состав портландцементного клинкера разного ассортимента мелющих тел. Изучить совместное влияние на фракционный состав клинкера мелющих тел разного ассортимента и интенсификатора помола «Литопласт 4И» компании ООО «Полипласт Новомосковск».

В работе использовались мелющие загрузки со следующим ассортиментом шаров:

1) $\varnothing 60/\varnothing 17=1:2$ с массой шаров 55 кг, коэффициентом загрузки 0,2 и энерговооруженностью 13,75;

2) Плотная шаровая упаковка (ПШУ) $\varnothing 40/\varnothing 17=2:1$ с массой мелющих тел 80 кг, коэффициентом загрузки 0,3 и энерговооруженностью 20;

3) Стандартная загрузка $\varnothing 74/\varnothing 54/\varnothing 40/\varnothing 17=1,3:0,4:2,2:1,0$ масса загрузки 55 кг, $\varphi=0,2$, энерговооруженность 13,75.

Клинкер фракции 10–0 мм завода «Осколцемент» измельчался в двухкамерной мельнице ГИРОЦЕМента 0,5×0,28 м без добавления гипса. Количество размалываемого материала в мель-

нице во всех опытах составляло 4 кг. Весь процесс помола проходил в одной камере, поэтому в мельницу, сначала загружалась загрузка, соответствующая первой камере: $\varnothing 74/\varnothing 54=2:1$ с массой мелющих шаров 55 кг и $\varphi=0,2$, затем после помола на этой загрузке, последняя извлекалась и загружалась исследуемая: $\varnothing 60/\varnothing 17$ или $\varnothing 40/\varnothing 17$. Общее время помола составляло 35 мин.

Стандартная загрузка отличается от вышеуказанных тем, что при ее использовании клинкер измельчается в одной камере в течение 35 мин.

Использование мелющей загрузки с ассортиментом шаров $\varnothing 60/\varnothing 17$ приводит к результатам, указанным в табл. 2. В табл. 1 приведены дисперсные характеристики продукта измельчения.

Таблица 1

Дисперсные характеристики клинкера после 35 мин измельчения

Ассортимент загрузки	Удельная поверхность, м ² /кг	Полный остаток на сите № 02, %	Полный остаток на сите № 008, %
$\varnothing 60/\varnothing 17$ (образец №1)	419,7	-	1,34
$\varnothing 40/\varnothing 17$ (образец №2)	411,3	0,96	3,94
$\varnothing 74/\varnothing 54/\varnothing 40/\varnothing 17$ (образец №3)	329,4	0,5	7,1

Таблица 2

Гранулометрический состав клинкера после 35 мин измельчения

Ассортимент загрузки	Содержание фр. 0–5 мкм, %	Содержание фр. 5–30 мкм, %	Содержание фр. > 30 мкм, %	$\frac{5-30}{0-5}$
$\varnothing 60/\varnothing 17$	14,65	74,15	11,20	5,1
$\varnothing 40/\varnothing 17$	14,73	69,59	15,68	4,7
$\varnothing 74/\varnothing 54/\varnothing 40/\varnothing 17$	15,09	68,92	15,99	4,6

Из табл. 2 видно, что содержание фракции 0–5 мкм у всех трех образцов одинаковое и составляет 14,8 %, образец №1 обладает большим количеством частиц размером 5–30 мкм (74,15 %) и меньшим количеством частиц, имеющих размер более 30 мкм (11,2 %) по сравнению с другими образцами. У клинкеров, измельченных в присутствии стандартной и мелющей за-

грузки $\varnothing 40/\varnothing 17$, наблюдается одинаковое количество частиц 5–30 мкм (69 %) и с размером больше 30 мкм (15 %).

На рис. 1. в одних координатах представлены интегральные кривые трех образцов. Из рисунка видно, что широким диапазоном размеров частиц обладает образец №3. Образцы №1 и №2 имеют почти одинаковый угол наклона кривой, поэтому у них равной ширины диапазон размера частиц.

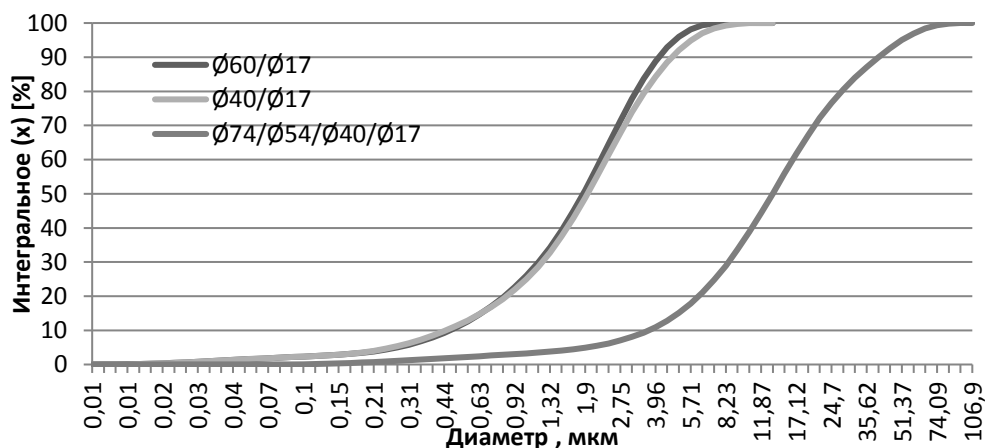


Рис. 1. Интегральные гранулометрические кривые образцов №1, №2, и №3

Исходя из полученных данных на этом этапе исследований, можно сказать, что применение мелющей загрузки с ассортиментом шаров $\varnothing 60/\varnothing 17$ и $\varnothing 40/\varnothing 17$ в мельнице открытого типа наиболее рационально, т. к. оба ассортимента позволяют получать клинкер более однородного гранулометрического состава, с малым полным остатком на стандартном сите № 008. Применение ПШУ $\varnothing 40/\varnothing 17$ приводит к небольшому росту R_{008} по сравнению с загрузкой $\varnothing 60/\varnothing 17$ примерно на 3 % и появлению около 1 % полного остатка на контрольном сите № 02.

Использование стандартной загрузки приводит к существенному росту R_{008} и снижению удельной поверхности, т. е. наблюдается загрузка тонкости помола материала и увеличение его полидисперсности.

Затем перешли к изучению совместного влияния на фракционный состав клинкера интенсификатора помола и вышеисследованных ассортиментов мелющих тел. В следующих экспериментах участвовали: ПШУ $\varnothing 40/\varnothing 17$ и стандартная загрузка. К ассортименту $\varnothing 60/\varnothing 17$ добавка не вводилась, т.к. ее применение без интенсификатора помола позволяет получать материал с очень небольшим полным остатком на сите № 008.

Добавка вводилась в количестве 0,1 % (по масс.) во вторую камеру мельницы. Только при исследовании стандартной загрузки добавку вводили через 10 мин помола. Полученные результаты представлены в табл. 3 и 4, а на рис. 2. показан гранулометрический состав исследованных образцов.

Таблица 3

Дисперсные характеристики клинкера после 35 мин измельчения в совокупности с добавкой

Ассортимент загрузки	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$	Полный остаток на сите № 02, %	Полный остаток на сите № 008, %
$\varnothing 40/\varnothing 17$ (образец №4)	394,1	0,3	2,4
$\varnothing 74/\varnothing 54/\varnothing 40/\varnothing 17$ (образец №5)	377,3	-	1,4

Из табл. 3 видно, что ввод добавки привел к заметному снижению R_{02} ; R_{008} у образцов №4 и №5 на 39 % и 80 % соответственно. В случае ПШУ $\varnothing 40/\varnothing 17$ добавка привела к некоторому

снижению удельной поверхности клинкера, а в случае стандартной загрузки наоборот привела к увеличению на 12 % данного параметра.

Таблица 4

Гранулометрический состав клинкера после 35 мин измельчения в совокупности с добавкой

Ассортимент загрузки	Содержание фр. 0–5 мкм, %	Содержание фр. 5–30 мкм, %	Содержание фр. > 30 мкм, %	$\frac{5-30}{0-5}$
$\varnothing 40/\varnothing 17$	14,24	77,47	8,29	5,4
$\varnothing 74/\varnothing 54/\varnothing 40/\varnothing 17$	11,05	73,47	15,48	6,6

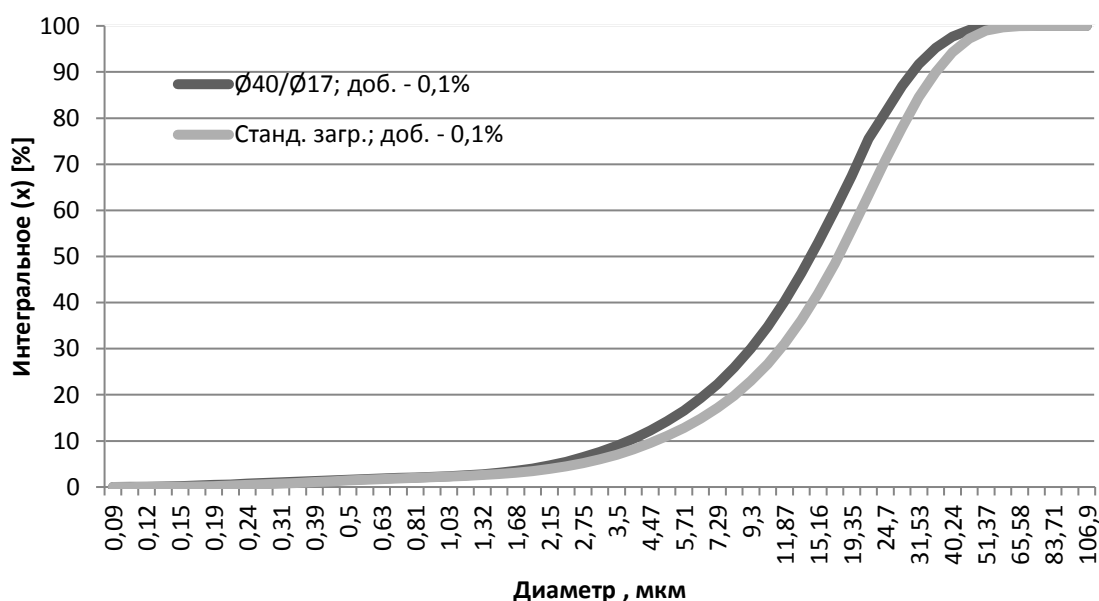


Рис. 2. Интегральные гранулометрические кривые образцов №4 и №5

Образцы №4 и №5 сильно отличаются по содержанию частиц, имеющих размер больше 30 мкм (табл. 4). Так содержание их у клинкера, измельченного в присутствии плотной шаровой загрузки Ø40/Ø17 на 46% меньше, чем у клинкера, измельченного при использовании стандартной загрузки. В то же время эти образцы почти не отличаются по содержанию фракций 0–5 мкм и 5–30 мкм (различие оставляет 3–4 %). Гранулометрический состав исследованных образцов показан на рис. 2.

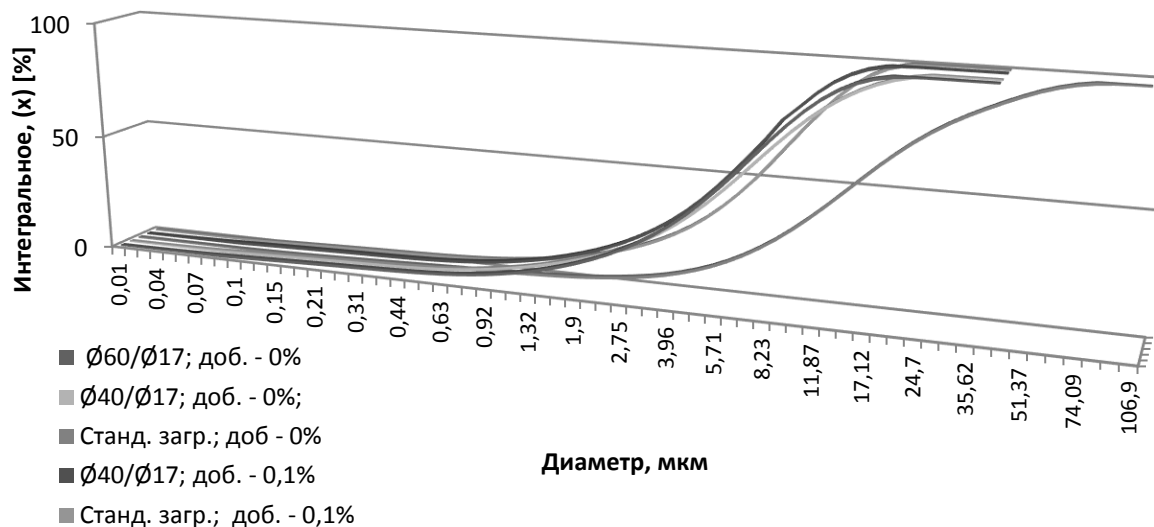


Рис. 3. Сравнение всех интегральных кривых, полученных в ходе проведения исследований

Исходя из вышесказанного следует, что в отсутствии интенсификатора помола действие ассортимента мелющих тел Ø60/Ø17 на фракционный состав клинкера почти равноценно действию ПШУ Ø40/Ø17 (рис. 3), хотя применение последней приводит к увеличению содержания частиц в измельченном клинкере размером более 30 мкм на 4,5 % и снижению количества фракции 5–30 мкм на 4,5 %, по сравнению с ассортиментом Ø60/Ø17. Но в обоих случаях материал на выходе из мельницы имеет узкий гранулометрический интервал. Использование стандартной загрузки приводит к образованию полидисперсного продукта измельчения, это обусловлено небольшим содержанием в загрузке мелких шаров.

Совместное действие ПШУ Ø40/Ø17 и интенсификатора помола (0,1 % по масс.) привело к росту содержания фракции 5–30 мкм на 8 %, снижению количества частиц, имеющих размер больше 30 мкм на 7 %, но не вызвало изменений в содержании фр. 0–5 мкм. Ввод добавки к материалу, измельчаемому при использовании стандартной загрузки, привел к заметному сокращению ширины фракционного состава, хотя при этом наблюдаются незначительные изменения в гранулометрическом составе клинкера, по срав-

На рис. 3. представлены гранулометрические кривые всех образцов, исследованных в данной работе. Видно, что ввод 0,1 % интенсификатора помола к клинкеру, измельчаемому в мельнице со стандартной загрузкой, приводит к заметному сокращению диапазона размера частиц, тем самым приближая его к диапазону размера частиц клинкера, измельченного в присутствии как ассортимента Ø60/Ø17, так и ПШУ Ø40/Ø17.

нению с измельченным клинкером без ввода добавки. Содержание частиц размером 0–5 мкм и 5–30 мкм уменьшилось на 4 % и 4,5 % соответственно, а наличие интенсификатора помола не сказалось на количестве частиц размером больше 30 мкм.

Для получения клинкера с более узким фракционным составом можно использовать ассортимент шаров Ø60/Ø17 и плотную шаровую упаковку Ø40/Ø17 без использования добавки. При работе мельницы на стандартной загрузке необходим ввод интенсификатора помола.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуда В. Цемент. М.: Стройиздат. 1981. 484 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа. 1980. 472 с.
3. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. Белгород. Изд-во БГТУ. 2012. 308 с.
4. Крыхтин Г.С., Кузнецов Л.Н. Интенсификация работы мельниц. Новосибирск. Изд-во ВО «Наука». 1993. 240 с.
5. Барбанягрэ В.Д., Матвеев А.Ф., Смаль Д.В., Москвичев Д.С. Интенсификация тонкого

измельчения материалов в шаровых трубных мельницах // Научно-техническая конференция

РФФИ: Сб. докл. регион. конф. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 20–27.

Информация об авторах

Барбаниягрэ Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

Стронин Александр Анатольевич, магистрант кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

E-mail: aleksandr.stronin@rambler.ru.

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

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

Поступила в ноябре 2017 г.

© Барбаниягрэ В.Д., Стронин А.А., 2018

V.D. Barbanyagre, A.A. Stronin

**INFLUENCE ON GRANULOMETRIC COMPOSITION OF CLINKER
OF ASSORTMENT OF GRINDING BODIES AND INTENSIFIER OF THE GRINDING**

Improvement of technologies for the erection of buildings and structures led to an acceleration in the pace of construction, which naturally caused an increase in consumer demand for Portland cement. Often the constructions under construction have a very complex architecture, so there is a need to use cement, which quickly interacts with water, and during the whole hardening time it steadily increases its strength. To obtain such cement, it is necessary that they have a strictly defined granulometric composition. The authors of this work first carried out a study on the effect on the granulometric composition of Portland cement clinker of various assortments of grinding bodies, and then repeated the experiments, but with the introduction of the grinding intensifier. During the research, a change in the product of the grinding of the content of the main fractions was established using different assortments of grinding load. The introduction of the grinder intensifier did not lead to appreciable changes in the granulometric composition in all the experiments.

Keywords: *crushing of clinker, intensifier of the grinding, assortment of grinding bodies, dense ball packing, granulometric composition.*

Information about the authors

Vladimir D. Barbanyagre, PhD, Professor.

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

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

Alexandr A. Stronin, Graduate student.

E-mail: aleksandr.stronin@rambler.ru.

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

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

Received in November 2017

Шошин Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Поляков А.В., канд. техн. наук, доц.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ГИДРОСИЛИКАТОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ ИЗ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО САХАРОЗОЙ

Shoshin234@mail.ru

В статье рассматривается элементный состав и структура продуктов механохимического синтеза модифицированных силикатов кальция из цементного сырья. Установлено, что и модифицированные сахарозой гидросиликаты кальция, и продукты их термолиза отличаются аморфной структурой. Получены косвенные свидетельства того, что модифицирующий углевод располагается в аморфной фазе.

Ключевые слова: портландцемент, гидросиликаты, механохимический синтез, элементный состав, термолиз, наночастицы, кристаллическая структура.

Последние два десятилетия наблюдается резкий рост интереса исследователей различных научных направлений к гелевым фазам цементного камня (так называемые С-S-H-фазы). С одной стороны, это связано с обнаружением наноструктурных неоднородностей в цементном геле [1, 2], возникновение которых связывают, в том числе, с бивариантным течением процессов полимеризации силикатов кальция, приводящих к образованию дженнит- и тоберморит-подобных структур [3]. Обнаружение в составе цементного геля силикатов кальция низкой и высокой плотности [4] дало не только новое понимание накопленного экспериментального материала (например, [5–7]), но и ключ к управлению физико-механическими свойствами цементного геля на наноуровне (например, [7, 8]).

С другой стороны, была обнаружена способность тоберморитовых фаз к специфической адсорбции различных органических агентов, в результате чего сформировалось новое направление синтеза и применения силикатных адсорбентов [9, 10] и других материалов [11]. В большинстве случаев тоберморитовые фазы получают прямым синтезом (например, гидротермальным [10]), цемент же как сырье для получения тоберморитовых фаз не рассматривается, т.к. содержит значительное количество вспомогательных компонентов (алюминатные фазы, сульфат кальция). В то же время, проведенные ранее исследования показали, что модифицированные углеводами гидросиликаты цемента могут служить сырьем для получения минеральных дисперсий с высокой удельной поверхностью [12]. Учитывая выше сказанное, возникла необходимость более подробно исследовать структуру модифицированных углеводами гидросиликатов цемента, получаемых из портландцемента механохимическим способом.

Ранее было показано, что в условиях механохимического синтеза в присутствии изомерных дисахаридов сахарозы, мальтозы, лактозы образуются идентичные (как по морфологическим, так и по физико-химическим свойствам) продукты гидратации [13], в связи с чем в настоящем исследовании в качестве модифицирующего углевода была выбрана сахароза, как углевод, чье действие на силикатные системы наиболее изучено [5, 14] а сам углевод – наиболее доступен.

Механохимический синтез проводился в планетарной мельнице МП/0,5х4 (частота вращения стакана 280–300 об/мин, длительность синтеза 1,5 часа) при В/Ц=4/1 с целью предотвращения эффектов стеснения, получения максимально гидратированных продуктов и ускорения гидратации цемента. Минеральным сырьем для синтеза являлся портландцемент ПЦ 500-Д0 ООО "Холсим (Рус)" ГОСТ 10178-85. Водной фазой служил раствор сахарозы при концентрации последней 2 % от массы цемента.

Структурные исследования наночастиц контролировались с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) CarlZeiss Libra 120, оборудованного приставкой для SAED-анализа. ПЭМ-исследование проводилось в ЦКП «Симбиоз» Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов.

Изменения фазового состава модифицированного цементного камня фиксировались с помощью рентгеновского дифрактометра ARLX'tra (медный анод ($\lambda(\text{Cu K}\alpha 1) = 1.541 \text{ \AA}$, параметры съемки: напряжение 40 кВ и ток 40 мА) научно-образовательного центра по нанотехнологиям и наноматериалам СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов.

Элементный состав продуктов механохимического синтеза определялся с использованием

сканирующего электронного микроскопа с полевым катодом JEOL JSM 7001FA, оборудованным EDS-приставкой (ЦКП ФИАН, г. Москва).

Образующиеся после отделения из реакционной массы твердой фазы фильтраты были подвергнуты количественному анализу на наличие в них остаточной сахарозы (спектрофотометрический метод по ГОСТ 32080-2013). Остаточное содержание сахарозы составило 0,0052 %, что соответствует 0,22 % исходного количества сахарозы.

Иными словами, наблюдается почти количественная абсорбция сахарозы продуктами синтеза.

Полученный продукт-сырец подвергался окончательной сушке в сушильном шкафу при остаточном давлении 0,2–0,3 кГс/см² и температуре 40–50 °С в течение 3 часов. Методом EDS-спектроскопии (СЭМ) был определен элементный состав полученных гидросиликатов цемента контрольного образца и гидросиликатов цемента, модифицированных сахарозой (табл. 1).

Таблица 1

Результаты элементного анализа образцов МГС цемента. Источник: [15]

Элемент	Весовой, %	Атомный, %	Элемент	Весовой, %	Атомный, %
Контрольный образец					
C	2.35	4.20	Na	0.16	0.15
O	48.99	65.76	Mg	1.33	1.17
Al	2.17	1.73	S	0.98	0.66
Si	13.47	10.30	K	0.62	0.34
Ca	27.63	14.81	Fe	2.30	0.88
Модификатор сахароза					
C	3.19	5.71	Na	0.12	0.11
O	47.90	64.35	Mg	1.27	1.12
Al	2.03	1.62	S	1.22	0.82
Si	12.77	9.77	K	0.53	0.29
Ca	28.35	15.20	Fe	2.62	1.01

Из результатов элементного анализа образцов гидросиликатов следует, что Ca/Si-отношение продуктов гидратации в присутствии сахарозы выше чем в контрольном образце (Ca/Si=2,22 в МГС против Ca/Si=2,05 в контрольном образце), что связано, по-видимому, с образованием в контрольном образце значительных количеств компактной кристаллической фазы Ca(OH)₂ (портландит), тогда как в присутствии сахарозы портландит образуется в незначительных количествах [13]. Опираясь на данные элементного анализа возможно оценить состав образующихся в ходе механохимического синтеза силикатов. При этом следует учитывать, что EDS-спектроскопия оценивает состояние поверхностного слоя образца, где эффекты карбонизации проявляются наиболее ярко, а следовательно, необходимо учесть, что при карбонизации связывается кальций, входящий в состав гидросиликатов [16] и, одновременно, вместе с CO₂ в систему привносится кислород. Таким образом, брутто-формула гидросиликатов в контрольном (немодифицированном) образце будет иметь вид: 10 SiO₂ · 15CaO · 18H₂O; состав МГС цемента описываются брутто-формулой 10SiO₂·15CaO·16 H₂O. Как видно из приведенных брутто-формул, различия между модифицированными и немодифицированными гидросиликатами цемента наблюдаются лишь в содержании структурной воды, содержание которой в

присутствие сахарозы на 12 % ниже. Последнее может быть объяснено эффектом замещения структурной воды молекулами сахарозы, которые обладая значительным количеством экваториальных OH-групп, способных встраиваться в сетку водородных связей воды почти без ее искажения [17, 18], при этом гидратная оболочка сахарозы неразвита и легко разрушается [17], как следствие, сама сахароза практически не сорбирует влагу [19]. Учитывая, что структурная вода располагается в межслоевом пространстве слоистых гидросиликатов, полученные данные косвенно указывают на возможное расположение сахарозы именно в межслоевом пространстве слоистых гидросиликатов. В цементном камне слоистыми силикатами выступают тоберморитовые фазы, которым отвечают определенные кристаллические структуры (табл. 2). Однако присутствие тоберморитовых фаз в продуктах синтеза не обнаружено (рис. 1в).

Кроме того, следует учитывать возможность стабилизации этtringитовых фаз углеводами [21], в связи с чем возникает вопрос о принадлежности призматических частиц, составляющих основную часть реакционной массы механохимического синтеза [13], к этtringитовым фазам. Учитывая все эти аспекты, было предпринято исследование продуктов механохимического синтеза методом SAED-анализа, представляющего

собой режим электронной дифракции с выделенного участка поверхности, реализованный в

ПЭМ. Высокая локальность данного метода анализа позволила идентифицировать индивидуальную частицу (рис. 2а).

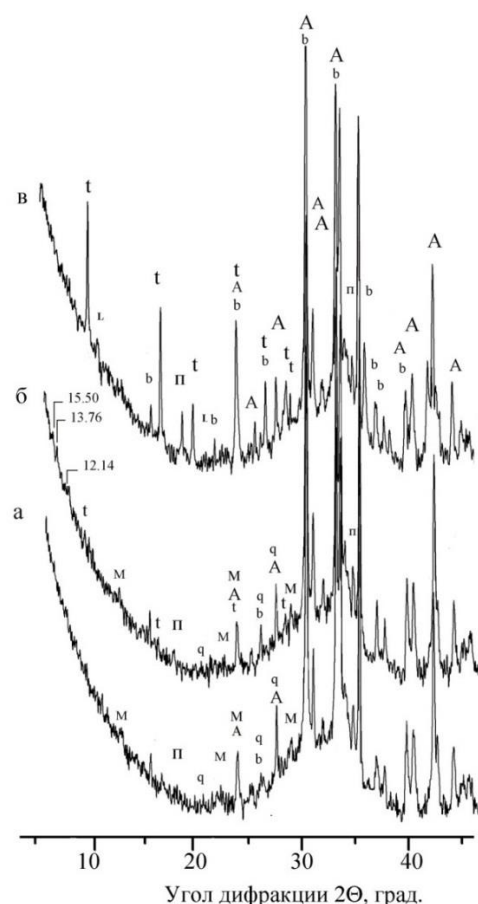


Рис. 1. Дифрактограммы образцов МГС цемента.

а – ТО 200 °C; б – ТО 150 °C; в – сушка при 50 °C.

A – алит [20 (11-593), б – γ -белит [20 (31-297)], t – этtringитовые фазы [20 (19-223), [9-414]], п – портландит [20 (4-733)]; Возможно присутствие: q – кварц [20 (5-495)],

L – алюминат $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ [20 (12-8)], M – алюминат $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_{13} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ [20 (2-83)]

Таблица 2

Наиболее интенсивные аналитические линии фаз [20]

Соединение (фаза)	Ссылка по [20]	2Θ (град) /Интенсивность (балл)			
		J ₁	J ₂	J ₃	J ₄
Алит Ca_3SiO_5	[11-593]	32,42/ 100	32,68/ 90	34,62/ 90	41,60/ 90
Белит $\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$	[31-297]	32,8/ 100	29,68/ 80	32,52/ 70	32,92/ 100
Этtringит железистый $\text{Ca}_6\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 25\text{-}27\text{H}_2\text{O}$	[19-223]	9,02/ 100	22,5/ 80	15,84/ 70	32,0/ 70
Портландит $\text{Ca}(\text{OH})_2$	[4-733]	34,08/ 100	18,1/ 74	47,10/ 42	50,84/ 36
кварц	[5-490]	26,0/100	20,84/35	36,56/12	50,20/17
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	[12-8]	9,92/ 100	20,36/ 65	30,20/ 20	18,10/ 13
$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_{13} \cdot x\text{H}_2\text{O}$	[2-83]	11,56/ 100	23,60/ 90	31,26/ 70	39,0/ 60
Тоберморит 12 А°	[6-0010]	7,08/ 100	29,08/ 100	32,0/ 80	49,84/ 80
Тоберморит 11 А°	[19-1364]	7,80/ 80	31,72/ 40	30,0/ 65	49,83/ 40
Тоберморит 14 А°	[29-331]	6,30/ 100	29,08/ 65	29,90/ 45	31,84/ 30
Тоберморит 9 А°	[10-374]	29,4 / 100	18,36/ 80	18,36/ 80	28,24/ 70

Данные SAED-анализа свидетельствуют об отсутствии кристаллической структуры призматических частиц (рис. 2б), на основании чего

можно однозначно утверждать, что массово образующиеся в ходе механохимического синтеза призматические частицы обладают аморфной

структурой, а следовательно, не являются эттрингитовыми фазами. В то же время, тоберморитовые фазы, входящие в состав CSH (I)-геля цементного камня [21] находятся в слабозакристал-

лизованном состоянии, и именно слабозакристаллизованные фазы формируют на рентгеновских дифрактограммах широкие малоинтенсивные сигналы [22, 23], хорошо заметные и на SAED-снимках (рис. 2б).

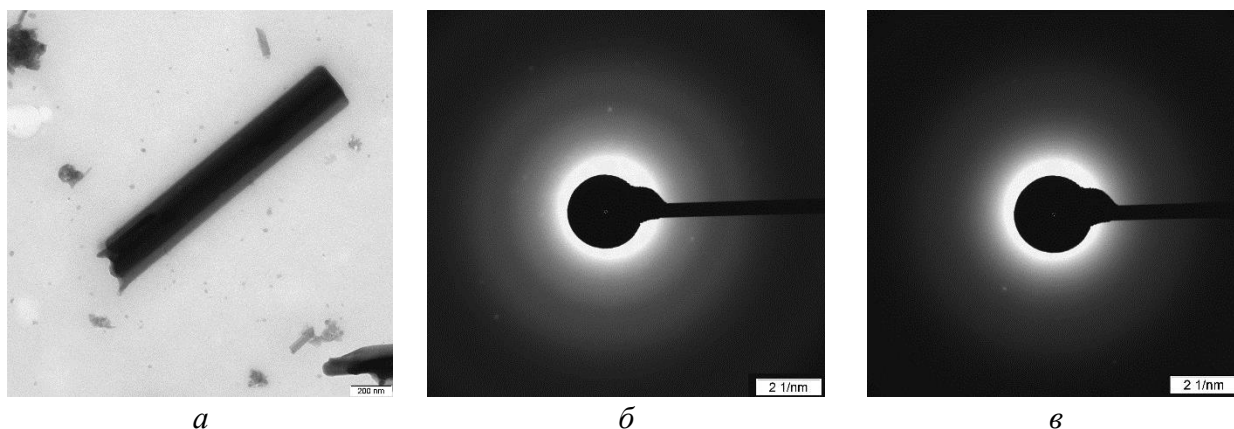


Рис. 2. Результаты SAED-анализа продуктов механохимического синтеза МГС-цемента.
а – призматическая частица, подвергнутая анализу, б – электронно-дифракционная картина, полученная с данной частицы, в – фоновое рассеивание подложки

Формирование сферических частиц субмикронного и нанодиапазона происходит в процессе термообработки полученных МГС цемента. Фазовые изменения, сопровождающие термообработку (ТО) МГС цемента представлены на рис. 1 а, б. Анализ дифрактограммы исходных МГС цемента (рис. 1в) показывает, что в системе присутствуют как слабозакристаллизованные фазы (гало в области углов $2\Theta=25-40$ град.), так и кристаллические фазы (эттрингиты (в том числе и железистый как следствие износа мельющих тел), портландит, алюминаты, исходные силикаты клинкера), при этом сигналы тоберморитовых фаз либо отсутствуют, либо их содержание ниже порога определения данным методом.

Термообработка МГС цемента при $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ сопровождается предсказуемым разрушением эттрингитовых фаз, трансформацией алюмината $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в форму $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_{13} \cdot x\text{H}_2\text{O}$, параллельно снижается интенсивность сигнала

портландита (рис. 1б). Одновременно на дифрактограмме наблюдается присутствие серии слабых сигналов, отвечающих межплоскостным расстояниям $12-15\text{ \AA}$, однако эти сигналы могут отвечать, как тоберморитовым фазам, так и алюминатам, более точное отнесение фаз невозможно в силу низкой интенсивности указанных сигналов. Также на дифрактограмме присутствуют следы эттрингитовых фаз (рис. 1б). Дальнейшее увеличение температуры ТО до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к почти полному исчезновению сигналов в области $2\Theta=6-10$ град, дальнейшему снижению интенсивности сигналов портландита и полному исчезновению сигналов эттрингитовых фаз (рис. 1а). Дополнительные исследования продуктов термолитиза МГС цемента методом SAED-анализа свидетельствуют, что образующиеся агрегированные частицы также не имеют кристаллической структуры (рис. 3).

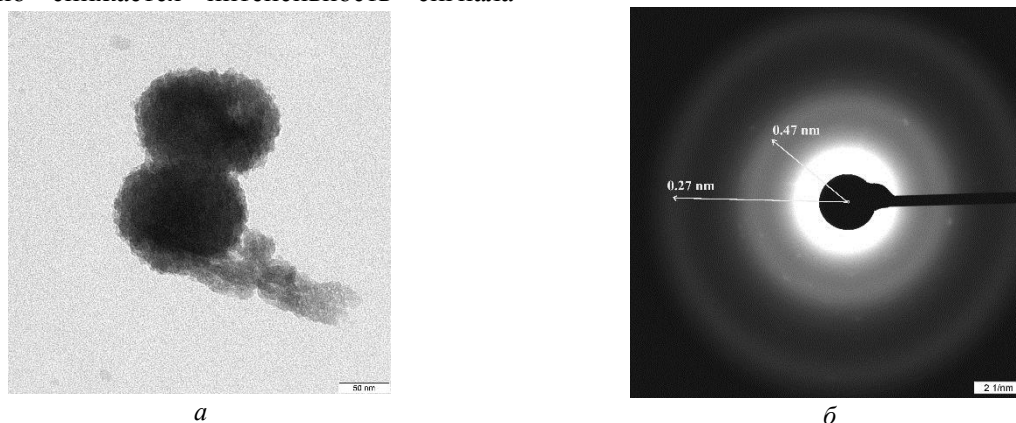


Рис. 3. Результаты SAED-анализа продуктов термолитиза МГС цемента:
а – агрегированная частица в составе продуктов термолитиза МГС цемента;
б – дифрактограмма агрегированной частицы

Таким образом, механохимический синтез модифицированных гидросиликатов кальция из цементного сырья сопровождается образованием преимущественно аморфных продуктов; кристаллические структуры образуют некремнийсодержащие фазы (эттрингиты, портландит, алюминаты), а также непрореагировавшие частицы цементного клинкера. Причина этого, видимо, кроется в сильно неравновесных условиях проведения механохимического синтеза гидросиликатов. Высокое пересыщение раствора по SiO_2 в сочетании с присутствием ионов кальция, снижающих растворимость силикатов, приводят к преимущественному образованию зародышевой фазы, не имеющей выраженной кристаллической структуры [24]. Приведенные выше данные позволяют предположить, что сахара располагаются именно в составе слабозакристаллизованных фаз. Однако используемые в работе методы исследования, к сожалению, не позволяют однозначно утверждать этого. Применение высокоинформативных методов исследования позволило установить, что образующиеся в ходе термолиза модифицированных гидросиликатов цемента агрегированные частицы нано- и субмикронного размера также обладают аморфной структурой, что скорее всего связано с присутствием в их структуре углевода, выполняющего, видимо, роль стабилизатора дисперсной фазы. Аморфная структура агрегированных частиц (продуктов термолиза МГС) позволяет предполагать их повышенную химическую активность и высокую активность в процессах структурообразования цементных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jennings H.M. A model for the microstructure of calcium silicate hydrate in cement paste // *Cem. Concr. Res.* 2000. Vol. 30. P. 101–116.
2. Tennis P.D., Jennings H.M. A model for two types of calcium silicate hydrate in the microstructure of Portland cement pastes // *Cem. Concr. Res.* 2000. №30. P. 855–863.
3. Manzano H., Ayuela A. and Dolado J.S. On the formation of cementitious C–S–H nanoparticles // *Comp.-Aided Mater. Design.* 2007. №14. P. 45–51.
4. Tennis P.D., Jennings H.M. A model for two types of calcium silicate hydrate in the microstructure of Portland cement pastes // *Cem. Concr. Res.* 2000. №30. P. 855–863.
5. Maria C. Garci Juenger, Hamlin M. Jennings. New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes // *Cement and Concrete Research.* 2002. V. 32, Iss. 3. P. 393–399.
6. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2006. 368 с.
7. Raki L., Beaudoin J., Alizadeh R., Makar J., Sato T. Cement and Concrete Nanoscience and Nanotechnology-review // *Materials.* 2010. №3. P. 918–942.
8. Matthieu Vandammea, Franz-Josef Ulm, Philip Fonollosa. Nanogranular packing of C–S–H at substochiometric conditions // *Cement and Concrete Research.* 2010. №40. P. 14–26.
9. Lu Zeng, Ligang Yang, Shuping Wang, and Kai Yang. Synthesis and characterization of different crystalline calcium silicate hydrate: application for the removal of aflatoxin B1 from aqueous solution // *Journal of Nanomaterials.* 2014., Article ID 431925, 10 pages. Систем. требования: Adobe AcrobatReader. [Электронный ресурс]. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/431925>
10. Лебедева Е.Ю., Кобякова А.А., Усова Н.Т., Казьмина О.В. Синтез тоберморитового адсорбента для очистки воды // *Известия Томского политехнического университета.* 2014. Т. 324. №3. С. 137–141.
11. Hiroyoshi Matsuyama and J. Francis Young. Intercalation of polymers in calcium silicate hydrate: a new synthetic approach to biocomposites? // *Chem. Mater.* 1999. №11. P. 16–19.
12. Шошин Е.А. Силикатные наполнители, получаемый методом термолиза модифицированных гидросиликатов цемента // *Строительные материалы.* 2017. №7. С. 16–19.
13. Шошин Е.А., Поляков А.В., Былинкина Н.Н., Буров А.М. Микроскопическое исследование продуктов термической дегидратации модифицированных цементных гидросиликатов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.* 2016. №1. С. 18–25.
14. Benjamin J. Smitha, Aditya Rawala, Gary P. Funkhouserb, Lawrence R. Robertsc, Vijay Guptad, Jacob N. Israelachvilia,1, and Bradley F. Chmelka. Origins of saccharide-dependent hydration at aluminate, silicate, and aluminosilicate surfaces // *PNAS.* 2011. Vol. 108. № 22. P. 8949–8954.
15. Шошин Е.А., Иващенко Ю.Г. Исследование состава цементных гидросиликатов, модифицированных изомерными дисахаридами // *Региональная архитектура и строительство.* 2016. №. 3. С. 50–54.
16. Ikeda Y., Yasuike Y., Kumagai M., Park Y.-Y., Harada M., Tomiyasu H., Takashima Y. ^{29}Si MAS NMR Study on Structural Change of Silicate Anions with Carbonation of Synthetic 11 Å Tobermorite // *Journal of the Ceramic Society of Japan.* 1992. V.100. (9). p. 1098–1102.

17. Научные основы химической технологии углеводов. Отв. ред. А.Г. Захаров. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 528 с.

18. Galema Saskia A., Hailand H. Stereochemical aspects of hydration of carbohydrates in aqueous solutions. 3. Density and ultrasound measurements // J. Phys. Chem. 1991, vol. 95. Pp. 5321–5326.

19. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия. / Под ред. Нечаева А.П. Изд. 4-е, испр. и доп. СПб.: ГИОРД, 2007. 640 с.

20. Powder Diffraction File, Inorganic, JCPDS-Swartz, Pennsylvania, USA – 1987.

21. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение. Под ред. В.Б. Ратинова. М.: Стройиздат, 1986. 278 с.

22. Jeffry J. Chen, Jeffry J. Thomas, Hal F.W. Taylor, Hamlin M. Solubility and structure of calcium silicate hydrate // Cement and Concrete Research. 2004. V. 34. Pp. 1499–1519.

23. Шошин Е. А., Тимохин Д. К. Влияние органических добавок на характер кристаллизации цементного геля / Прогрессивные материалы и технологии в современном строительстве: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. // Новосибирский гос. аграрн. Университет, Новосибирск, 2007. С. 169–173.

24. Шабанова Н. А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 208 с.

Информация об авторах

Шошин Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий.

E-mail: shoshin234@mail.ru

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

Поляков Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: polyakovsgtu@mail.ru

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77.

Поступила в декабре 2017 г.

© Шошин Е.А., Поляков А.В., 2018

E.A. Shoshin, A.V. Polyakov

THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF HYDROSILICATES OBTAINED MECHANOCHEMICAL SYNTHESIS OF PORTLAND CEMENT, MODIFIED SUCROSE

Elemental composition and structure of products mechano-chemical synthesis of modified calcium silicates from cement raw material discussed in the article. The method SAED spectroscopy determined, that both calcium hydro-silicates modified with sucrose and the products of their thermolysis have a crystalline structure amorphous. There are indirect evidence that modifying the carbohydrate is in the amorphous phase.

Keywords: portland cement, hydrosilicates, mechano-chemical synthesis, elemental composition, thermolysis, nanoparticles, crystal structure

Information about the authors

Evgeny A. Shoshin, PhD, Assistant professor.

E-mail: shoshin234@mail.ru

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov.

Russia, 410054, Saratov, Politekhnikeskaya st. 77.

Andrey V. Polyakov, PhD, Assistant professor.

E-mail: polyakovsgtu@mail.ru

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov.

Russia, 410054, Saratov, Politekhnikeskaya st. 77.

Received in December 2017

Минько Н.И., д-р техн. наук, проф.,
Калатоzi В.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОБОЯ В ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

minjko_n_i@mail.ru

Проблема дефицита природного сырья для производства материалов строительного назначения на протяжении последних лет не теряет своей актуальности. Это обусловлено быстро развивающимися темпами строительства. В связи с этим, задачей строительной индустрии является переориентация предприятий на потребление техногенного сырья. По строению и физико-химическим свойствам стеклобой представляет собой минеральный ресурс антропогенного происхождения. Количество неиспользуемого стеклобоيا в отдельных регионах нашей страны достигает 100 %. В то время как вторичное использование данного вида сырья позволит получить существенный экономический и экологический эффект. Исследование показали, что технология производства строительных материалов на основе стеклобоия достаточно проста, не требует специального оборудования и крупных материальных вложений. После предварительной очистки и разделений на фракции сырье (стеклобой) может быть использовано для получения широкого спектра композиционных материалов.

Ключевые слова: стеклобой, композиционные материалы, техногенное сырье, щелоче-силикатное взаимодействие.

Актуальной задачей строительной индустрии, в настоящее время, является производство эффективных материалов строительного назначения, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами, долговечностью, эксплуатационными и эстетическими показателями, низкой стоимостью. При этом особое внимание уделяется вопросам рационального использования сырьевых и энергоресурсов, внедрения малоотходных технологий, снижения неконтролируемого воздействия деятельности человека на окружающую среду. Решением данной задачи является разработка технологий получения строительных материалов на основе использования твердых отходов, в том числе бытовых отходов (ТБО). В настоящей работе особое внимание уделяется использованию стеклобоия (СБ), как вида ТБО.

Стеклобой представляет собой трудноутилизируемый отход, неподвергающийся воздействию воды, атмосферных явлений (осадков, солнечной радиации, температурных перепадов) и не разрушающийся под воздействиями органических, минеральных и биологически активных организмов. Доля СБ в твердых бытовых отходах крупных городов нашей страны составляет 8-18 %, что составляет 2,4-2,9 млн. т [1, 2]. Если количество твердых бытовых отходов в год в России принять в размере 400-700 кг на человека, то на миллион человек образуется 60-100 тыс. т стеклобоия в год. Экологическая нагрузка на окружающую среду таких количеств СБ не является однократной.

Известно, что СБ, поступающий на полигоны, имеет различный дисперсный состав, а стекло в дисперсном состоянии подвергается активации с образованием на поверхности химически активной фазы (гидратированного оксида кремния) [3-5]. Известно, что допустимая величина выщелачивания стекла водой в пересчете на мг Na_2O с 1дм^2 находится в пределах 0,71-0,76 [3]. Если принять среднюю толщину стекла 2,7-3,3 мм, то среднюю величину выщелачивания следует взять на уровне 0,74 мг. Тогда тонна стеклобоия при средней плотности 1300 кг/м^3 будет при выщелачивании водой выделять 10,7 г Na_2O или 13,8 г чистой щелочи NaOH . Следовательно, в год из 60-100 тысяч тонн стеклобоия на миллион жителей выделится 828-1380 кг чистой щелочи, что приводит к деградации почвенного ресурса.

В то же время СБ, входящий в состав ТБО, представляет собой смесь стекла различного химического и фракционного состава, обладающий широким спектром технических и технологических характеристик: химической стойкостью, твердостью, прочностью, широким вязкостным диапазоном и является ценным минеральным ресурсом. Использование СБ в качестве вторичного сырья позволяет сократить расход дефицитных и дорогостоящих сырьевых материалов (кальцинированной соды, песка). Так, утилизация 1 миллиона бутылок сохраняет 300 т кварцевого песка и 100 т кальцинированной соды, а использование СБ в качестве вторичного сырья позволяет экономить на каждые 100 кг вводимого стеклобоия

126 кг первичного сырья [1–3]. Увеличение СБ в шихте на каждые 10% приводит к экономии топлива на 4,4 %, а электроэнергии на 1,1 %. [1].

Таким образом, использование СБ в качестве компонента при разработке составов строительных материалов является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволяет получить значительный экономический и экологический эффект.

Использование стеклобоя при варке стекла.

Традиционным направлением применения СБ является добавление его в шихту в качестве вторичного сырья до 95 %. [4, 5] Однако при этом необходимо соблюдение следующих требований:

- химический состав СБ должен соответствовать химическому составу изготавливаемого стекла;
- количественное вводимого в шихту СБ должно быть постоянным;
- СБ должен пройти предварительную подготовку (быть очищен от посторонних примесей, промыт, высушен, рассортирован по цвету, иметь определенную степень измельчения);
- способ введения и перемешивания СБ в шихте должен быть строго регламентирован.

Процентное соотношение СБ в составе шихты зависит от типа стекла. Например, при изготовлении темно-зеленых бутылок используется от 2,8 до 38,1 % стеклобоя, при изготовлении полубелых бутылок – от 2,1 до 40,8 % и консервной тары – от 4,7 до 25 %. [5]

По данным [5] известно, что СБ также может быть использован и «самостоятельно» в качестве сырья для производства стеклотары. Так в ходе технологического процесса на Коркинском заводе (с 1944 г.) применялся стеклобой при производстве стеклотары, в зависимости от ее вида, в пропорции для: темно-зеленого бутылочного – 60–70 %, светлого бутылочного – 20–30 %, возвратного – 10 %. При изготовлении листового стекла, сортовой посуды и обесцвеченной стеклотары стеклобой применяется стабильно, со строгими ограничениями по степени очистки и химическому составу.

Использование стеклобоя для изготовления стеклянных шариков.

В настоящее время использование стеклянных шариков получило широкую популярность в связи огромным спектром областей их применения в качестве: добавок в дорожные краски для усиления светоотражения; наполнителей для выпуска конкурентоспособных стеновых материалов; наполнителей эпоксидных, пенопластовых или цементных масс для увеличения сроков использования; оболочек для кабелей, для сниже-

ния трения при их вводе в эксплуатацию; присадок к смазочным материалам, для уменьшения износа продукта; в строительном материаловедении [5, 6].

В отечественном производстве разработано несколько способов изготовления стеклянных шариков из стеклобоя.

По одной технологии частицы стекла смешивают с 3–7 % сепараторного порошка (например, сажи) и увлажняют для лучшего прилипания сажи к поверхности стекла. Смесь подается в формующее устройство, снабженное электронагревателем. Частицы стекла, размягченные при 900° С, под действием сил поверхностного натяжения принимают форму шариков, причем деформация шариков под действием силы тяжести предотвращается благодаря непрерывному их пересыпанию. Затем шарики охлаждаются. Сепараторный порошок отделяется и собирается, а стеклянные шарики очищаются от остатков сепараторного порошка.

Следующий способ – оплавливанием стеклобоя в диспергирующей среде. При этом способе производства измельченная в стержневой мельнице стеклянная крошка отсеивается от пыли на вибросите и смешивается в смесительном барабане с белой сажой (0,06 кг сажи на 1 кг стеклянной крошки). Оплавление происходит во вращающейся электрической печи при температуре 910–920 °С. Таким способом изготавливаются стеклянные шарики диаметром от 0,2 до 4 мм для лакокрасочных предприятий, для использования их в краскотерках.

Использование стеклобоя для изготовления керамических и стеклокерамических компози-

Возможность разработки составов керамических и стеклокерамических композитов на основе стекольного боя рассмотрена в работах [7–9]. Авторами предложен синтез материалов путем спекания порошков в системе «глина-стеклобой». Для этого использовалась глина Латненского месторождения и смешанный бой тарного стекла, следующего состава, мас. %: 72,5 – SiO₂; 2 – Al₂O₃; 8 – CaO; 3,5 – MgO; 14 – Na₂O. Стеклобой в данных составах выполнял роль плавня, снижающего температуру спекания и активно участвующего в формировании структуры и свойств обожженных материалов (обеспечивал необходимые условия формования масс, снижал температуру спекания, участвовал в формировании стеклокристаллической структуры при обжиге). В ходе эксперимента количество стеклобоя в составах варьировалось от 10 до 80 %, а температура обжига от 800 до 1100 °С. В результате получены номограммы водопоглощения,

было установлено, что в системе «глина-стеклобой» СБ является источником жидкой фазы, а значит, процесс спекания протекает по жидкофазному механизму. [7]

Полученный строительный материал водо- и газонепроницаем, не горючий, не имеет запаха, легко окрашивается и поддается механической обработке, обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами. При этом себестоимость материала снижается в 6 раз за счет введения стеклобоя.

Использование стеклобоя для изготовления бетонов.

Наиболее распространенным способом утилизации стеклобоя является технология изготовления бетона [10–12]. В основе работ, направленных на использование СБ, лежит теоретическое положение о том, что стекла в тонкодисперсном состоянии при повышенных температурах в щелочной среде обладают вяжущими свойствами и способны в результате омоноличивания твердой фазы образовывать прочный строительный материал. После сортировки, дробления, помола и рассеивания на фракции стекло можно считать полностью подготовленным для получения строительных материалов. При введении стеклобоя в бетон, как заполнителя, вызывает взаимодействие аморфного кремнезема, входящего в состав стекла, с щелочами цемента.

Известно, что структура бетонов представляет собой капиллярно-пористую систему, состоящую из заполнителя, связующего вещества и капилляров, заполненных воздухом, водой и водяным паром. При затворении портландцемента водой происходит растворение содержащихся в нем щелочных оксидов Na_2O и K_2O . В результате раствор, находящийся в пустотах бетона, становится сильнощелочным. Кроме того, часть наполнителей бетона, имеющих в своем составе аморфный кремнезем, склонны вступать в реакцию с данным раствором. В результате этой реакции из силикатов щелочных металлов образуется гелеобразное вещество. В свою очередь гель, заключенный в цементный камень и способный к разбуханию, вызывает внутреннее давление, которое приводит к возникновению трещин и как следствие к разрушению материала. Таким образом, использование стеклобоя в качестве наполнителя в бетонах является перспективным при решении проблемы минимизации щелочно-силикатного взаимодействия (ЩСВ).

В работах [12–14] были проанализированы условия развития ЩСВ в бетонах и установлено, что на результат взаимодействия цементного материала с наполнителем из стеклобоя влияет:

- степень дисперсности стекла;

- использование аморфного кремнезема в качестве активной дисперсной гидравлической добавки;

- химическая модификация стекла, заключающаяся в удалении ионов Na^+ с поверхности в процессе ионообменной модификации поверхности.

Авторами [1, 12–13] экспериментально установлено, что, размер разрушений и как следствие снижение прочности цементной матрицы, зависит от степени дисперсности вводимого стеклобоя. Так в [13] показано, что стекло с размером частиц 1–4 мм при введении в бетонную матрицу вызывает расширение образцов более 0,2 %, что в 5 раз превышает допустимые значения.

В [12] установлено, что стеклобой фракции 1,25–5 мм целесообразно использовать в бетонах в качестве заполнителей. При этом прочность бетонных композитов будет значительно превосходить прочность бетонов, например, на песчаном заполнителе. Увеличение прочности бетонов может достигаться путем поверхностной кристаллизации крупного заполнителя (размер фракции более 1 мм) при температуре 700–720 °С, в присутствии центров кристаллизации, таких как, порошка кварцевого стекла. При этом расширение образцов, приводящее к потере прочности, снижается в 2–7 раз по сравнению с образцами, полученными на немодифицированном заполнителе.

Что касается использования тонкодисперсного стекла (с размером частиц 1–4 мм), то его целесообразно использовать в качестве вяжущего или перерабатывать в гранулированное пеностекло. По данным [13, 15] расширение образцов бетонов с заполнителем такого размера составляет 0,02–0,04 %. По мнению авторов, это обусловлено тем, силикатное стекло при взаимодействии с водой подвергается гидролизу с выделением в водную фазу ионов натрия. При этом на поверхности образуется пленка гидратированного оксида кремния и образование новых веществ на поверхности при наличии в растворе необходимых соединений. А значит, в случае использования стекла с высокой дисперсностью материал приобретает более развитую поверхность и возможность направленного использования такого взаимодействия многократно возрастает. [13, 15]

Снижение щелочно-силикатного взаимодействия в бетонах путем введения добавок аморфного высокодисперсного оксида кремния в количестве от 0,5 до 5 мас. %: рассмотрено в [13, 15]. В качестве добавок использовались: силикагель (размер частиц 60 мкм), аэросил и стекло, ионно модифицированное заменой Na^+ на H^+ . Было установлено, что указанные добавки эффективно

подавляют щелочно-силикатное взаимодействие и позволяют получать бетоны, удовлетворяющие стандарту.

Количество применяемого стеклобоя в смесях, различных стран и производителей, зависит от назначения бетона (табл. 1) [13–16].

Таблица 1

**Состав, назначение и технические характеристики бетонов
с различным содержанием стеклобоя**

Состав бетонов	Назначение материала	Технические характеристики полученного материала
стеклобой – 1,2 % (удельная поверхность 5000–7000 см ² /г), минеральное вяжущее – 10–26 %, песок – 64,7–82,5 %, шамот – 7–9 %.	для изготовления автоклавных изделий	объемная масса 1230 кг/м ³ , прочность при изгибе 49 кгс/см ² .
молотое стекло – 25–50 %; кремнеземистый компонент – 13–25 %; вода – 34,85–49,9 %; интенсификатор структурообразования – 1–2 %, интенсификатор твердения 1–8 %; алюминиевая пудра – 0,5–0,1 %.	для изготовления кислотостойкого ячеистого бетона	кислотостойкость в 3 раза выше, чем у газобетона на основе портландцемента и извести.
тонкомолотый стеклобой – 2–5 %; портландцемент – 15–30 %; жаростойкий заполнитель – 60–70 %; тонкомолотая огнеупорная добавка – 8–10 %.	жаростойкий бетон	повышенная прочность бетона, сохранение структуры после нагревания
в качестве крупнозернистого заполнителя используется 12–30 % гранулированного пеностекла.	силикатобетонная смесь	повышение прочности и уменьшение объемного веса бетона
молотый бой оконного или бутылочного стекла – 50–80 %; растворимое стекло 20–50 %	вяжущее для получения плотных и легких бетонов, применяемых в жилищном, гражданском и промышленном строительстве	предел прочности при сжатии 400–500 кгс/см ² .
соотношение стекла и цемента 4:6	для изготовления строительных блоков имитирующих мрамор	значения прочности и влагопоглощения, соответствуют нормативным документам
измельченный стеклобой – 60 %; силикатные материалы – 40 %; смесь увлажняют до 15–20 % и формируют с применением загустителей; сушка 30–60 мин при температуре 70–90 °С; затвердевшую смесь обжигают при температуре 600–700 °С с последующим охлаждением до комнатной температуры	для изготовления облицовочных бетонных блоков	
отходы стекловолна – 92 %; медленно-твердеющий цемент – 7 %; вода – 1 %; перемешивают в холодном состоянии до получения однородной массы, массу заливают в формы, уплотняют, прессуют и сушат в течение 3 суток.	изготовление противопожарных перегородок	огнестойкость – 1500 °С

Использование стеклобоя для изготовления теплоизоляционных материалов.

Отдельно следует остановиться на целесообразности использования стеклобоя в производстве теплоизоляционных материалов, особенно пеностекла. Пеностекло – ценный изоляционный материал, обладающий такими свойствами, как малый объемный вес, низкое водопоглощение и теплопроводность, высокая устойчивость к агрессивным средам, огнестойкость. Однако использование дорогостоящих пенообразователей, формирует высокую себестоимость данного вида продукции. Поэтому во многих странах мира проводятся работы, направленные на снижение

себестоимости производства пеностекла за счет использования стеклобоя.

Отечественными и зарубежными исследователями [2, 4, 10] разработаны технологии использования СБ, при которых допускается применение боя тарного стекла различных цветов с содержанием примесей в составе в следующем количестве: Fe – 0,1–3 %, Sn – 0,1–2 %, других металлов 0,1–1 %, целлюлозы – 0,1–1 %, органических веществ – 0,1–1 %. При этом измельченное стекло смешивают с 5–10 вес. % процентами пенообразователя, затем смесь нагревают при 500–1000 °С до размягчения и спекания стекла. Полученный строительный материал водо-и газонепроницаем, негорючий, не имеет запаха, легко окрашивается

и поддается механической обработке, обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами. При этом себестоимость материала снижается в 6 раз.

В работе [5] описан способ получения пено-стекла из стеклобоя, обработанного реагентами, обеспечивающими введение в его структуру гидроксильных групп. Согласно данной методике измельченные отходы стекла, с размером частиц 29 мкм, помещают в автоклав и выдерживают в течение нескольких часов в атмосфере насыщенного водяного пара при температуре 390 °С и давлении $744,8 \cdot 10^4$ Па (76 кгс/см²). Затем стеклобой охлаждается до комнатной температуры, после чего нагревается в печи до температуры 1100 °С. При этой температуре гидроксильные группы вступают во взаимодействие с образованием водяного пара, вызывающего вспенивание размягченного стекла.

Так [10] предлагается получение высокопористых пеноматериалов из щелочесиликатных композиций. В качестве наполнителя использовался стеклобой из смеси отходов тарного и оконного стекла с насыпной плотностью 1600 кг/м³ следующего химического состава, %: SiO₂ – 72; Al₂O₃ – 1,8; CaO – 6,5; MgO – 4; Na₂O – 14,3; SO₃ – 0,4, прочее – 1. Стеклобой подвергался предварительной обработке: мойке, дроблению, помолу до фракции 0,14 мм. Составы формовочных смесей включают: вяжущее – натриевое жидкое стекло, наполнитель – стеклобой, ускоритель твердения – кремнефторид натрия, пенообразователь – Фэйри, в количестве 4 % от массы жидкого стекла. Изучено влияние соотношения «жидкое : наполнитель» на свойства композиций. Установлено, что с оптимальная плотность – 460 кг/м³ и прочностью – 1,1 МПа в возрасте 7 суток может быть получена при соотношении «жидкое:наполнитель»=1:2.

Использование отходов стекла в дорожных покрытиях.

Дробленный СБ является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона способный обеспечить до 90–95 % суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Введение СБ в состав дорожных бетонов заключается в переводе битума в пленочное состояние, заполнении пор между крупными частицами, что позволит повысить плотность и прочность дорожного покрытия. Кроме того наличие в смеси стеклянного порошка повышает ее способность удерживать тепло, что позволяет готовить смесь при температуре 135 °С и укладывать при температуре до 4 °С. Это дает возможность получить более плотное дорожное покрытие, чем в случае примене-

ния обычного асфальта. При приготовлении смесей возможно использование стеклобоя различного химического состава (бутылочного, оконного, медицинского), наибольший размер зерен не должен превышать 15 мм, количество стеклобоя может составлять 10–50 % массы смеси. Однако количественное содержание стеклобоя в смесях для дорожного строительства в разных источниках варьируется от 10 до 60 %. Так в [4] предлагается состав асфальта с содержанием 60 % – несортированного, молотого стеклобоя. При этом получаемые покрытия имеют хорошие структурные свойства, могут укладываться при более низких температурах, чем обычные смеси. В то же время установлено что, содержание в асфальтобетонной смеси до 10 % стеклобоя не снижает ее технологических показателей, то при введении СБ выше 10 %, для обеспечения требуемых прочности, водо-и морозостойкости, требуется использование специальных добавок (известь, нефтеполимерные смолы, катионные ПАВ) [5].

Таким образом анализ литературных источников показал, что в настоящее время стеклобой является ценным вторичным ресурсом, позволяющим сократить расходы на использование дефицитных и дорогостоящих сырьевых материалов при производстве широкого спектра строительных материалов. Приведены результат исследований процессов структурообразования, свойств и технических характеристик материалов, полученных с использованием стеклобоя различного химического и дисперсного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Таймазова К.П., Оказова З.П. Российский рынок стеклобоя IV Междунар. Студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум», 15 февраля-31 марта 2014 г.
2. Онищук В.И., Жерновая Н.Ф., Минько Н.И., Кириенко А.Д., Кузьменко А.А. Строительные материалы на основе стеклобоя // Стекло и керамика. 1999. № 1. С. 5.
3. Вайсман Я.И., Кетов А.А. Воздействие на окружающую среду перспективы переработки стеклобоя // Ресурсосбережение. 2011. С. 78-95.
4. Павлушкина Т.К., Киселенко Н.Г. Использование стекольного боя в производстве строительных материалов // Стекло и керамика. 2011. №5. С. 27–34.
5. Мелконян Р.Г., Власова С.Г. Экологические и экономические проблемы использования стеклобоя в производстве стекла: учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. 100 с.

6. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Кротова О.В. Композиционные стеклошарики для декоративной отделки стеновых строительных материалов // Международный журнал экспериментального образования. 2012. № 5. С. 93–94.

7. Жерновая Н.Ф., Дороганов Е.А., Жерновой Ф.Е., Степина И.Н. Исследование материалов полученных спеканием в системе «глина-стеклобой» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №1. С. 20–23.

8. Дорохова Е.С., Жерновой Ф.Е., Жерновая Н.Ф., Изотова И.А., Бессмертный В.С., Тарасова Е.Е. Безусадочный облицовочный материал на основе стеклобоя и колеманита // Стекло и керамика. 2016. № 3. С. 34–37.

9. Бессмертный В.С., Жерновой Ф.Е., Дорохова Е.С., Изотова И.А., Гокова Е.Н. Эффективный материал для зеленого строительства на основе вторичного стекольного боя. В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 111–116.

10. Григорова Ю.А. Вторичное использование стеклобоя в производстве теплоизоляционных материалов // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 8 [Электронный

ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/08/37026> (дата обращения: 19.11.2016).

11. Кетов А.А., Кетова Г.Б., Пузанов А.И., Пузанов И.С., Россомagina А.С., Саулин Д.В. Стеклобой как сырье для получения теплоизоляционного материала // Экология и промышленность России. 2002. № 8. С. 17–20.

12. Использование стеклобоя как заполнителя бетонов <http://www.newchemistry.ru/letter.php>

13. Белокопытова А.С. Разработка процессов утилизации стеклобоя путем создания композиционных материалов: Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2006. 18 с.

14. Яшкунов А.Г., Лазарева Е.А., Зубехин А. П. Ресурсосберегающая технология строительных стеклоизделий на основе стеклобоя, природного и техногенного сырья // Мат-лы докл. на Междунар научн-практ. конф. "Современные технологии в промышленности строительных мат-лов и стройиндустрии", Белгород. БГТУ, 2005. №10. С. 332–334.

15. Пузанов С.И. оценка комплексного воздействия стеклобоя на окружающую среду и совершенствование технологий его вторичного использования: Автореф. дис. канд. техн. наук. Пермь, 2010. 18 с.

Информация об авторах

Минько Нина Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики

E-mail: minjko_n_i@mail.ru

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

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

Калатоzi Виктория Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности.

E-mail: viktoriyakalatozi@mail.ru

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

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

Поступила в ноябрь 2017 г.

© Минько Н.И., Калатоzi В.В. 2018

N.I. Min'ko, V.V. Kalatozi

THE USE OF CULLET IN MATERIALS TECHNOLOGY FOR CONSTRUCTION PURPOSES

The problem of scarcity of the natural raw materials for the production of the construction materials didn't lose its importance throughout the past years. That happens due to the rapidly developing pace of construction. In this regard, the task of the construction industry is a reorientation of factories on the consumption of the industrial raw materials. According to the structure and physicochemical properties, cullet is a mineral resource of an antropogenic origin. The number of unused glass cullet in some regions of our country reaches 100 %. Though the reuse of this raw material will provide significant economic and environmental benefits. The studies have shown that the production technology of building materials based on glass cullet is quite simple, requires no special equipment and large material investments. After the preliminary purification and fractionating, the raw material (cullet) can be used to produce a wide range of composite materials.

Keywords: cullet, composite materials, industrial raw materials, alkali-silicate interaction.

Information about the authors

Nina I. Min'ko, PhD, Professor.

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

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

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

Viktoriya V. Kalatozi, PhD, Assistant professor.

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

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

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

Received in November 2017

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI:10.12737/article_5a5dbf097daa83.55055808

Федоренко М.А., д-р техн. наук, проф.,
Бондаренко Ю.А., д-р техн. наук, проф.,
Погонин А.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ОТКЛОНЕНИЙ КОРПУСА ЦЕМЕНТНОЙ ПЕЧИ НА ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

kds2002@mail.ru

Эксплуатируемое вращающееся оборудование производства строительных материалов характеризуется производительностью, качеством продукции, себестоимостью, надежностью, безопасностью, фондоотдачей, энерговооруженностью и так далее. Потеря работоспособности оборудования происходит не только в результате длительной эксплуатации, но и так же на этот процесс оказывают влияние условия эксплуатации, определенные круглосуточной работой, высокими нагрузками, работой под открытым небом, большое количество пыли, значительные перепады температур, агрессивность рабочей среды и др. Различные физические и химические процессы, которые оказывают отрицательное воздействие на материалы, из которых выполнены детали, также приводят к потере работоспособности, усталости металла и снижению их прочности. Обеспечение требуемого уровня технического состояния вращающегося оборудования определяет необходимость решения проблемы совершенствования технологических методов и системы восстановления работоспособности на основе внедрения современных диагностических средств. Решение проблемы включает разработку новых деталей, узлов и оборудования и новых монтажно-сборочных технологий, обеспечивающих своевременное восстановление работоспособности путем разработки новых технологий ремонта и модернизаций оборудования обеспечивающих надежность работы и повышение производительности.

Ключевые слова: цементная печь, материал, корпус, базирование, погрешность установки, работоспособность, нагрузки, износ.

Введение. Интенсификация развития промышленности производства строительных материалов возможна при комплексном решении технических и экономических задач, которые связаны с оптимизацией технической базы предприятий производства строительных материалов, что предусматривает оснащение предприятий современным оборудованием и поддержание технического состояния имеющегося парка агрегатов на заданном уровне, при котором обеспечивается его требуемая работоспособность и качество выпускаемой продукции при планируемых объемах производства. Если первая задача требует больших капитальных вложений, которые не всегда возможно реализовать, то второе должно быть обязательно исполнено, независимо от типа оборудования и срока его эксплуатации [1–3].

Основная часть. Для равномерного перемещения материала, подлежащего обработке внутри печного агрегата, необходимо чтобы уклон внутренней поверхности был равномерным, без местных выступов, в связи с тем, что

они снижают скорость передвижения материала, повышают толщину стенок и снижают показатели технологического процесса обжига. Эти негативные факторы приводят к трансформации формы корпуса, неоднородному распределению нагрузки на опорные узлы и смещению корпуса [4, 5].

Отклонения корпуса печного агрегата устанавливает вектор погрешности позиционирования:

$$\omega_n = (a_n, b_n, c_n, \lambda_n, \beta_n, \gamma_n) \quad (1)$$

где (a_n, b_n, c_n) – параметры смещения; $(\lambda_n, \beta_n, \gamma_n)$ – параметры поворота.

Составляющие вектора ω_n обуславливаются точностью монтажа корпуса на отправной позиции в бандажах $\omega_n = \omega_y$.

Для установления положения корпуса при его монтаже на бандажах и определения вероятных позиционных отклонений, можно применить аналитические методы теории баз.

При контакте действительных установочных элементов корпуса с сопрягаемыми поверхностями бандажа и опор, теоретические опорные точки выражаются в виде точек контакта, положения координат которых устанавливают элементы вектора погрешности установки ω_y .

Координаты опорных точек контакта в системе, X_p, Y_p, Z_p возможно представить двумя группами:

- нормальными $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i$ устанавливающими отклонения опорных точек в нормальном к сопрягаемым поверхностям направлении;
- плановыми X_i, Y_i, Z_i устанавливающими положения опорных точек на трех базирующих поверхностях.

Монтаж корпуса реализуется по трем поверхностям (рис. 1) и обуславливается матрицей нормальных координат:

$$T = (\Delta z_1, \Delta z_2, \Delta z_3, \Delta x_4, \Delta x_5, \Delta y_6), \quad (2)$$

где $(\Delta z_1, \Delta z_2, \Delta z_3)$ – нормальные координаты установочной базы, обуславливающие смещение по оси Z и поворот вокруг осей X и Y ; $\Delta x_4, \Delta x_5$ – нормальные координаты направляющей базы, от которых зависит смещение корпуса печного агрегата в направлении оси X и поворот вокруг оси Z ; Δy_6 – координата опорной базы, устанавливающая перемещение вдоль оси Y ;

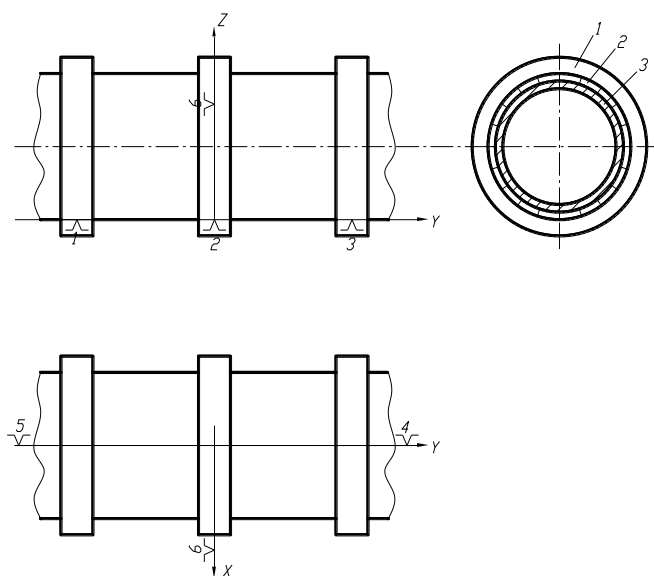


Рис. 1. Схема базирования корпуса вращающегося агрегата:
1 – бандаж; 2 – башмак; 3 – корпус

Таким образом, погрешность позиционирования или погрешность монтажа корпуса печи возможно определить, используя формулу:

$$\omega_y = Q \cdot T, \quad (3)$$

где Q – матрица налагаемых связей размерности 6×6 ; T – матрица нормальных координат.

Элементы матрицы $Q = |q_{ij}|$ представляют собой линейные функции определенных плановых координат опорных точек $q_{ij} = f(x_i, y_i, z_i)$. В развернутой форме можно записать:

$$\begin{bmatrix} a_y \\ b_y \\ c_y \\ \lambda_y \\ \beta_y \\ \gamma_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & q_{14} & q_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q_{26} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & 0 & 0 & 0 \\ q_{41} & q_{42} & q_{43} & 0 & 0 & 0 \\ q_{51} & q_{52} & q_{53} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_{64} & q_{65} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta z_1 \\ \Delta z_2 \\ \Delta z_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \\ \Delta y_6 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Соответственно (4), параметры погрешности установки, образованные на установочной базе, вычисляются по следующей зависимости:

$$\begin{bmatrix} c_y \\ \lambda_y \\ \beta_y \end{bmatrix} = \frac{1}{C} \begin{bmatrix} (x_2 y_3 - x_3 y_2) & (x_3 y_1 - x_1 y_3) & (x_1 y_2 - x_2 y_1) \\ (x_3 - x_2) & (x_1 - x_3) & (x_2 - x_1) \\ (y_3 - y_2) & (y_1 - y_3) & (y_2 - y_1) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta z_1 \\ \Delta z_2 \\ \Delta z_3 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где C – определитель:

$$C = \begin{vmatrix} 1 & y_1 & -x_1 \\ 1 & y_2 & -x_2 \\ 1 & y_3 & -x_3 \end{vmatrix}.$$

В вышеприведённом выражении координаты (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) являются плановыми координатами опорных точек установочной базы (плоскость XOY).

Далее, элементы погрешности установки, определяемые на направляющей базе, можно задать следующем виде:

$$\begin{vmatrix} a_y \\ \gamma_y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -\frac{y_5}{y_4 - y_5} & \frac{y_4}{y_4 - y_5} \\ 1 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \end{vmatrix}, \quad (6)$$

где y_4 и y_5 , плановые координаты опорных точек направляющей базы (плоскость YOZ).

Элемент b_y , определяемый на опорной базе, обуславливающий смещение корпуса вдоль оси Y задается в следующем виде:

$$b_y = \Delta y_6. \quad (7)$$

Определение численных значений всех составляющих общей погрешности установки (монтажа) корпуса агрегата, по вышеприведенным формулам (5–7), основывается на нахождении числовых величин отклонений нормальных координат опорных точек:

на установочной $(\Delta z_1, \Delta z_2, \Delta z_3)$,
направляющей $(\Delta x_4, \Delta x_5)$,
и опорной базах (Δy_6) .

Величины плановых координат всех опорных точек устанавливают исходя из габаритных значений размеров агрегата и на основании положения системы координат $OXYZ$ на его основных базах.

Отклонения значений нормальных координат $(\Delta z_1, \Delta z_2, \Delta z_3)$ определяются как вертикальное отклонение центра корпуса от первоначального установленного положения, обусловленное допускаемым отклонением от плоскостности базовой поверхности.

Если совокупность случайных величин распределены по закону равной вероятности имеет место равномерная плотность распределения отклонений:

$$F(\Delta z_i) = \begin{cases} 1/h & \text{при } \Delta z_i \in (0, h) \\ 0 & \text{при } \Delta z_i \notin (0, h) \end{cases}.$$

Отклонения значений нормальных координат $\Delta x_4, \Delta x_5$ в плоскости XOY , обусловлены имеющимися зазорами в сопрягаемых деталях и сборочных узлах.

При базировании корпуса агрегата по конструктивно определенным базам численные величины плановых координат (x_i, y_i, z_i) не изменяются. Нормальные координаты опорных точек $(\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i)$, характеризуются случайным характером, и их численные величины определяются фактическими отклонениями от заданной геометрической формы базовых поверхностей корпуса агрегата и численными значениями зазора между корпусом и бандажами.

В случае, если между корпусом и бандажами имеется зазор S , может привести к неопределенности базирования корпуса агрегата, при которой элементы ω_y меняются от максимального ω_y^6 до минимального ω_y^H значений:

$$\omega_y^6 = (a_y^6, b_y^6, c_y^6, \lambda_y^6, \beta_y^6, \gamma_y^6),$$

$$\omega_y^H = (a_y^H, b_y^H, c_y^H, \lambda_y^H, \beta_y^H, \gamma_y^H).$$

Наиболее вероятными отклонениями являются математические ожидания:

$$m(\omega_y) = [m(a_y), m(b_y), m(c_y), m(\lambda_y), m(\beta_y), m(\gamma_y)].$$

Можно определить, как условные математические ожидания наиболее потенциально возможные не нулевые составляющие погрешности установки по следующим математическим выражениям:

- для установочной базы:

$$m[c_y | c_y \neq 0] = \frac{1}{2} h;$$

$$m[\lambda_y | \lambda_y \neq 0] = \frac{1}{4} \cdot \frac{h}{(y_{\max} - y_{\min})};$$

$$m[\beta_y | \beta_y \neq 0] = \frac{1}{4} \cdot \frac{h}{(x_{\max} - x_{\min})}.$$

- для направляющей базы:

$$m[a_y | a_y \neq 0] = \frac{1}{2} S;$$

$$m[\gamma_y | \gamma_y \neq 0] = \frac{1}{6} \cdot \frac{S}{(y_{\max} - y_{\min})}$$

Вывод. В результате применения вышеизложенной методики для повышения работоспособности печного вращающегося агрегата установлено, что необходимо уменьшить биение корпуса печи правильной установкой его на теоретическую ось вращения. Искажение оси (изменение положения оси) вращения корпуса агрегата при-

водит к дополнительным напряжениям в футеровке, в результате чего происходит ее разрушение, возникают дополнительные нагрузки на опорные узлы и механизмы вращения печного агрегата [6, 7].

Динамические нагрузки помимо износа и разрушения футеровки могут влиять на износ бандажей и роlikоопор. Что в результате приводит к потере работоспособности и разрушению некоторых узлов агрегата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Албагачиев А.Ю., Амбросимов С.К., Бавыкин О.Б., Большаков А.Н., Бондаренко Ю.А., Вячеславова О.Ф., Еременко Ю.И., Забельян Д.М., Зайцев С.А., Козлова М.А., Крупня Е.Ю., Лебедев В.А., Лобанов И.Е., Морозова А.В., Пелипенко Н.А., Пухальский В.А., Рыбак Л.А., Санин С.Н., Санина Т.М., Серебренникова А.Г. и др. Прогрессивные машиностроительные технологии, оборудование и инструменты. М., 2015. Том VI. С. 59–103.

2. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А. Модернизация цементных печей // В сборнике: Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2017. С. 35–38.

3. Амбросимов С.К., Бондаренко Ю.А., Верещака А.С., Верхотуров А.Д., Киричек А.В.,

Козлов А.М., Ковалева Е.В., Лобанов И.Е., Мажулин Г.Е., Мокрицкая Е.Б., Мокрицкий Б.Я., Морозова А.В., Мусаев А.А., Нагоркин М.Н., Нагоркина В.В., Рыбак Л.А., Саблин П.А., Севастьянов Г.М., Федоренко М.А., Федоров В.П. Прогрессивные машиностроительные технологии, оборудование и инструменты. и др. М., 2016. Том 7. С. 465–506.

4. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Антонов С.И. Проблемы энергосбережения и снижения пыления цементных печей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 156–161.

5. Федоренко М.А., Маркова О.В. Влияние конструкции опорного узла модуля на смещение оси восстанавливаемого вала // В сборнике: Научные технологии инновации Юбилейная международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, XXI научные чтения. 2014. С. 169–174.

6. Белобородов С.М., Бондаренко Ю.А., Верещака А.С., Григорьев С.Н., Иванов А.М., Иванов В.П., Ким А.В., Киричек А.В., Конопляник А.В., Лукин Е.С., Мокрицкий Б.Я., Морозова А.В., Овчинников Е.В., Песин М.В., Прушак В.Я., Прушак Д.А. Технологическое обеспечение качества и ресурса при изготовлении, сборке, ремонте и восстановлении. Под ред. М.: Издательский дом «Спектр», 2012. С. 43–72.

Информация об авторах

Федоренко Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
E-mail: kdms2002@mail.ru

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

Бондаренко Юлия Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
E-mail: kdms2002@mail.ru

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

Погонин Анатолий Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
E-mail: kdms2002@mail.ru

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

Поступила в октябре 2017 г.

© Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Погонин А.А., 2018

M.A. Fedorenko, J.A. Bondarenko, A.A. Pogonin

TECHNOLOGICAL METHODS OF COMPENSATION OF DEVIATIONS OF HOUSING THE KILN, THE SUPPORT MEMBERS

Operated rotating equipment of production of construction materials is characterized by productivity, product quality, cost, reliability, safety, capital productivity, energy efficiency and so on. The loss of operability of equipment is not only the result of prolonged use, but also on this process is influenced by the operating conditions, certain round-the-clock operation, high work load, work under the open sky, large amounts of dust,

large temperature changes, the aggressiveness of the working environment etc. of Various physical and chemical processes that have a negative impact on the materials from which made the details also lead to the loss of health, fatigue and reduction of strength. Providing the required level of technical condition of rotating equipment determines the necessity of solving the problems of the improvement of technological methods and system recovery through the introduction of modern diagnostic tools. The solution includes the development of new parts, assemblies and equipment, and new fabrication technologies that provide timely recovery through the development of new repair technologies and equipment upgrades to ensure reliability and increase productivity.

Keywords: cement kiln, material, building, basing, accuracy, performance, load, wear.

Information about the authors

Mikhail A. Fedorenko, PhD., Assistant professor.

E-mail: kdms2002@mail.ru

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

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

Julia A. Bondarenko, PhD., Assistant professor.

E-mail: kdms2002@mail.ru

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

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

Anatoly A. Pogonin, PhD., Assistant professor.

E-mail: kdms2002@mail.ru

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

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

Received in October 2017

Пчёлкин В.М., аспирант,
Дуюн Т.А., д-р техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН С МНОГОСЛОЙНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТОЧЕНИЯ ЖАРОПРОЧНОЙ СТАЛИ

pvm0106@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований износостойкости твердосплавных пластин с многослойными износостойкими покрытиями, полученными разными технологическими способами: химическим паровым осаждением и напылением конденсацией из паровой (газовой) фазы при точении коррозионностойкой жаропрочной стали 08X18H10T. Эксперимент проводился в условиях промышленного предприятия с использованием действующего оборудования, оснастки и инструмента. Износостойкость пластин исследовалась в экстремальных технологических условиях: точении с ударом и точении без охлаждения. Разработаны эмпирические модели износостойкости с использованием планирования первого порядка методом полнофакторного эксперимента. Исследовалось влияние технологических параметров резания: подачи режущего инструмента, скорости резания и глубины. Выявлены особенности износа, период стойкости разных марок твердосплавных пластин, установлено влияние исследуемых технологических режимов точения на процессы износа, выполнен анализ микроструктуры режущих пластин после воздействия тепловых, силовых и ударных нагрузок процесса резания. Разработанные эмпирические модели позволяют обеспечивать заданные параметры стойкости инструмента в различных технологических условиях на основе обоснованного назначения технологических режимов, прогнозировать работоспособность инструмента, оптимизировать технологические параметры с целью повышения производительности, снижения себестоимости изготовления деталей.

Ключевые слова: эмпирическая модель износостойкости, точение коррозионностойкой жаропрочной стали, стойкость твердосплавного инструмента, планирование эксперимента, результаты микроисследования режущих пластин.

Введение. Коррозионностойкие жаропрочные стали находят широкое применение в качестве конструкционных материалов изделий, работающих при высоких температурах и в агрессивных средах, таких как теплообменники, трубы, сварная аппаратура и другие детали [1]. В соответствии с физико-механическими свойствами эти стали относятся к труднообрабатываемым [2]. При механической обработке труднообрабатываемых материалов возникают проблемы, связанные с высокой температурой резания и интенсивным износом режущего инструмента [3], поэтому определение рациональных режимов резания, повышающих период стойкости металлорежущего инструмента является важной научной задачей.

Методика. При разработке эмпирических моделей применялась методика планирования полнофакторного эксперимента первого порядка [4]. В производственных условиях предприятия ОАО «Ракитянский Арматурный Завод» был выполнен эксперимент с использованием действующего оборудования, инструмента и технологической оснастки: токарного обрабатывающего центра для условий работы с ударными нагрузками модели PUMA480LM, токарного резца со

сменной многогранной пластиной из твердого сплава, состоящий из державки PWLNR2020K08 и пластины со специальной геометрией стружколома, позволяющей исключить налипание металла на кромку инструмента и сохранить высокую износостойкость. Твердосплавные пластины имели покрытия, полученные разными технологическими способами: химическим паровым осаждением ультра-мелкозернистого покрытия на прочную градиентную основу и напылением конденсацией из паровой (газовой) фазы:

- пластина WNMG080408-MMKMM253 с покрытием CVD (Chemical Vapor Deposition) (рис. 1),
- пластина WNMG080408-MMKMG203 с покрытием PVD (Physical Vapour Deposition) [5–6].



Рис. 1. Внешний вид пластины WNMG080408-MM

В качестве измерительного инструмента применялась лупа измерительная ГОСТ 25706-83. В качестве критического значения принято 0,3 мм износа по задней поверхности. Измерение износа производилось после каждого прохода [7].

Основная часть. При планировании принят полнофакторный эксперимент. В качестве исследуемых технологических параметров приняты

подача режущего инструмента, скорость резания и глубина. Уровни и интервалы варьирования факторов, матрица эксперимента представлены в табл. 1 [8]. Эксперимент проводился для двух технологических условий: точение с ударом и охлаждением, точение без удара и без охлаждения [9].

Таблица 1

План эксперимента и результаты опытов

№ опыта	Варьируемые факторы			Стойкость при точении с ударом, мин		Стойкость при точении без удара, мин	
	Скорость резания V_c , м/мин	Подача f_n мм/об	Глубина резания a_p мм	Сплав КММ253	Сплав КМГ203	Сплав КММ253	Сплав КМГ203
1	30	0,06	1	80	200	48	34
2	90	0,06	1	57	57	24	16
3	30	0,16	1	13	53	32	26
4	90	0,16	1	6	14	16	10
5	30	0,06	2	62	153	37	26
6	90	0,06	2	44	41	18	12
7	30	0,16	2	10	39	24	20
8	90	0,16	2	5	10	12	8

Эмпирическую модель стойкости запишем в виде уравнения регрессии [10–11]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения регрессии в соответствии с принятым планом эксперимента представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Значения коэффициентов уравнения регрессии для точения с ударом

Коэффициент Сплав	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
КММ253	3,054	-0.285	-1.03	-0.124	-0.115	0.0102	0.004	0.011
КМГ203	3.832	-0.658	-0.688	-0.155	-0.015	-0.012	-0.006	0.004

Таблица 3

Значения коэффициентов уравнения регрессии для точения без удара

Коэффициент Сплав	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
КММ253	3.174	-0.356	-0.211	-0.137	-0.0004	-0.0027	0.0004	-0.0004
КМГ203	2.836	-0.426	-0.177	-0.129	-0.042	0.0015	0.0078	0.0082

Получаем эмпирические модели износо-стойкости в зависимости от скорости, подачи и глубины резания с натуральными значениями факторов: выражение (2) – точение с ударом для сплава КММ253, выражение (3) – точение с ударом для сплава КМГ203:

$$T(V, s, t) = 1,418 \cdot V^{-0,519} \cdot s^{-2,1} \cdot t^{-0,358} \quad (2)$$

$$T(V, s, t) = 234 \cdot V^{-1,19} \cdot s^{-1,404} \cdot t^{-0,447} \quad (3)$$

На рис. 2 представлены зависимости стойкости инструмента от технологических параметров при точении с ударом коррозионностойкой жаропрочной стали сплавом режущей пластины КММ253, а на рис. 3 аналогичные зависимости при точении сплавом КМГ203.

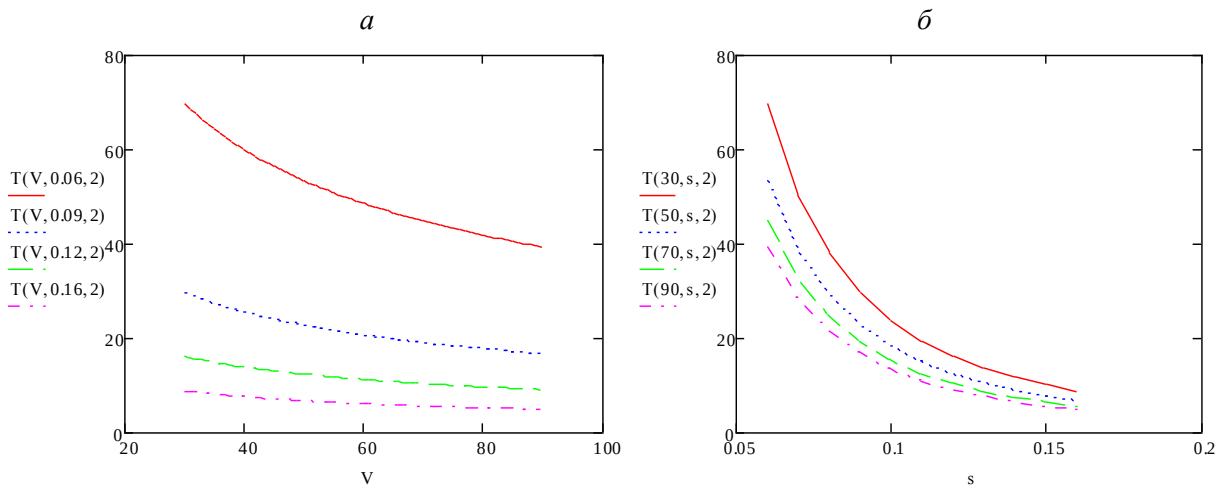


Рис. 2. Влияние технологических режимов на стойкость инструмента из сплава КММ253 при точении с ударом: *а* – зависимость от скорости резания при подачах 0,06 мм/об, 0,09 мм/об, 0,12 мм/об, 0,16 мм/об; *б* – зависимость от подачи при скорости 30 м/мин, 50 м/мин, 70 м/мин, 90 м/мин

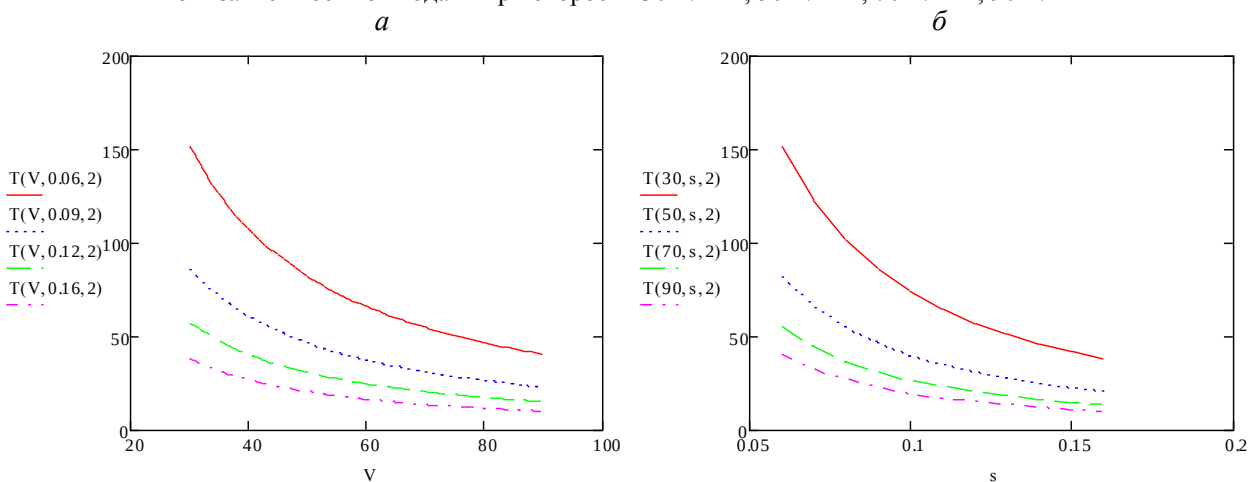


Рис. 3. Влияние технологических режимов на стойкость инструмента из сплава КМГ203 при точении с ударом [12]: *а* – зависимость от скорости резания при подачах 0,06 мм/об, 0,09 мм/об, 0,12 мм/об, 0,16 мм/об; *б* – зависимость от подачи при скорости 30 м/мин, 50 м/мин, 70 м/мин, 90 м/мин

Выражения (4) и (5) характеризуют стойкость при точении без удара и без охлаждения соответственно пластинами из сплава КММ253 и сплава КМГ203:

$$T(V, s, t) = 130,4 \cdot V^{-0,647} \cdot s^{-0,43} \cdot t^{-0,395}, \quad (4)$$

$$T(V, s, t) = 179,5 \cdot V^{-0,775} \cdot s^{-0,36} \cdot t^{-0,373} \quad (5)$$

На рис. 4 и 5 представлены зависимости стойкости инструмента от скорости и подачи при точении без удара соответственно сплавом режущей пластины КММ253 и сплавом КМГ203.

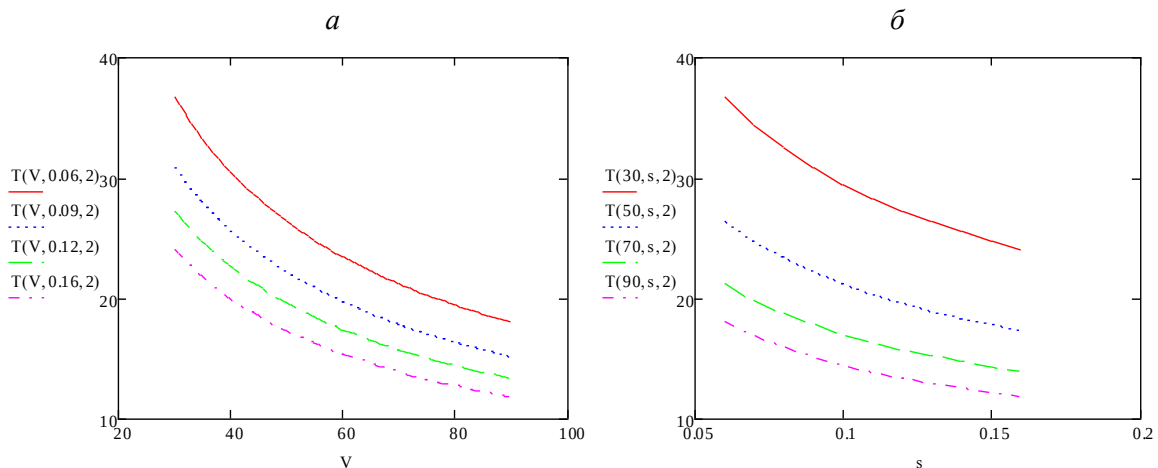


Рис. 4. Влияние технологических режимов на стойкость инструмента из сплава КММ253 при точении без удара: *а* – зависимость от скорости резания при подачах 0,06 мм/об, 0,09 мм/об, 0,12 мм/об, 0,16 мм/об; *б* – зависимость от подачи при скорости 30 м/мин, 50 м/мин, 70 м/мин, 90 м/мин

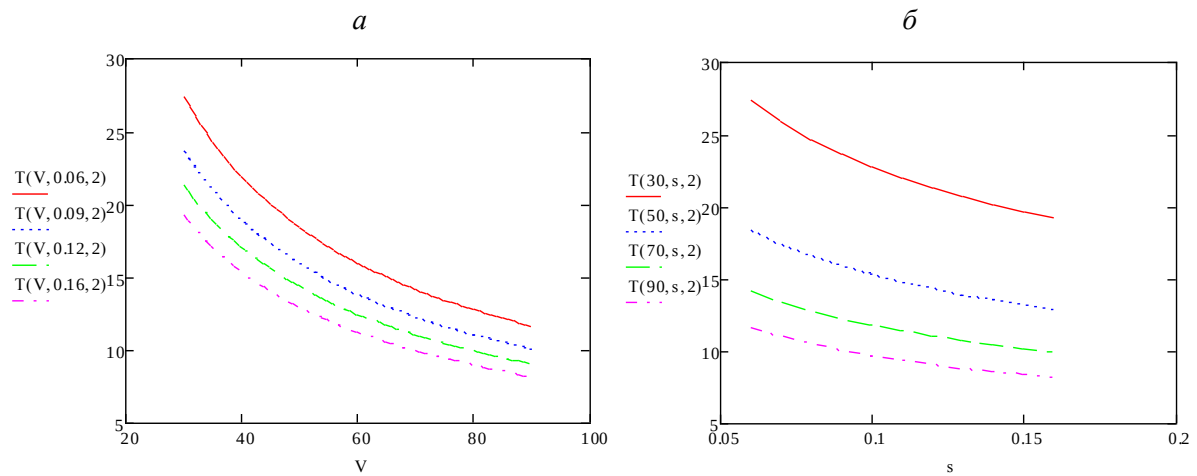


Рис. 5. Влияние технологических режимов на стойкость инструмента из сплава КМГ203 при точении без удара:
 а – зависимость от скорости резания при подачах 0,06 мм/об, 0,09 мм/об, 0,12 мм/об, 0,16 мм/об;
 б – зависимость от подачи при скорости 30 м/мин, 50 м/мин, 70 м/мин, 90 м/мин

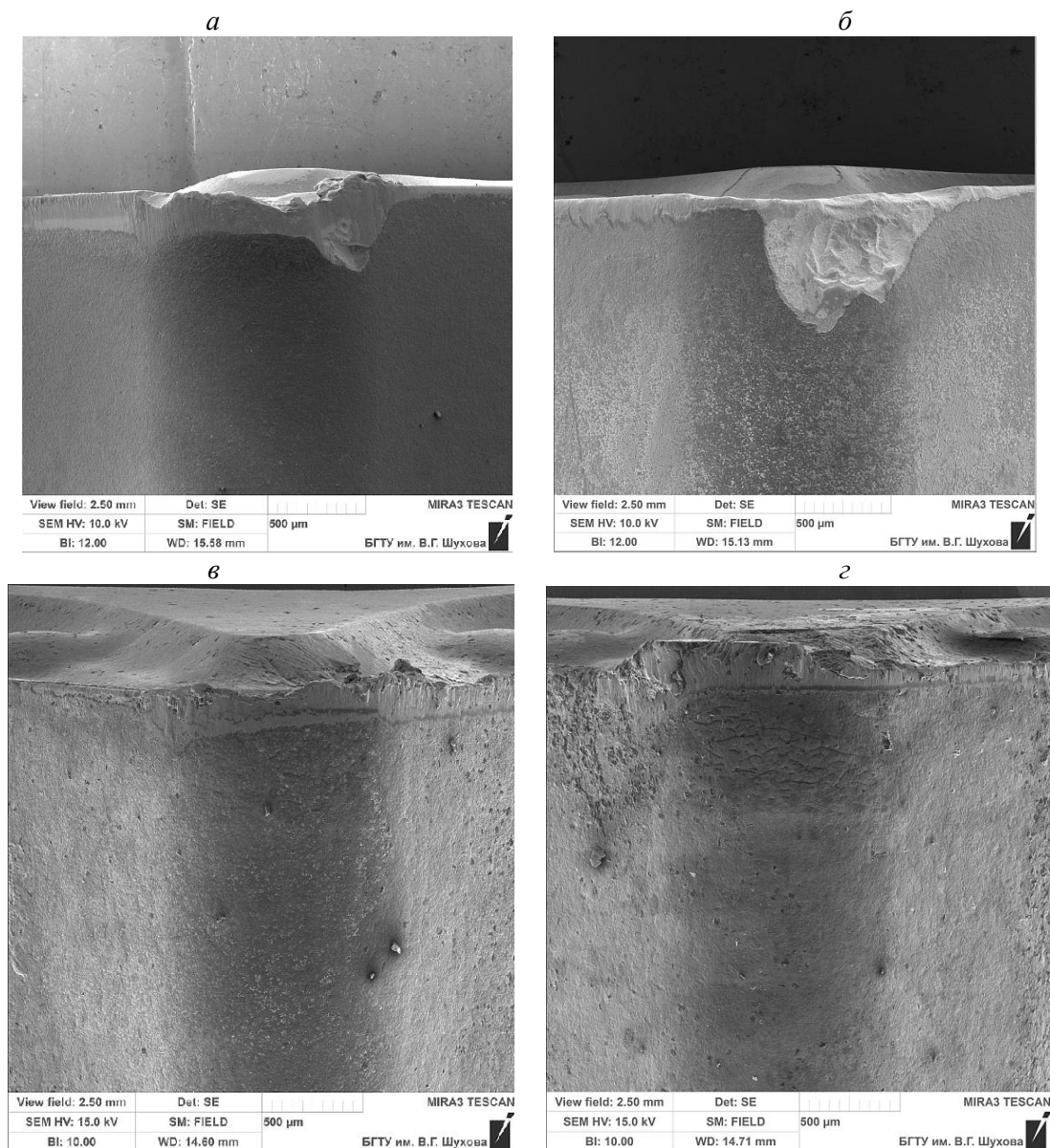


Рис. 6. Характер износа режущей пластины: а – точение с ударом сплавом КММ253 с покрытием CVD; б – точение с ударом сплавом КМГ203 с покрытием PVD;
 в – точение без удара сплавом КММ253 с покрытием CVD; г – точение без удара сплавом КМГ203 с покрытием PVD

Для исследования микроструктуры и структурных изменений под действием тепловых и ударных нагрузок были использованы функции электронного микроскопа, позволяющие получить увеличенное изображение с ценой деления

0,2 мкм. Данное увеличение позволяет исследовать слои поверхностного слоя и адгезию между ними (рис. 7, 8).

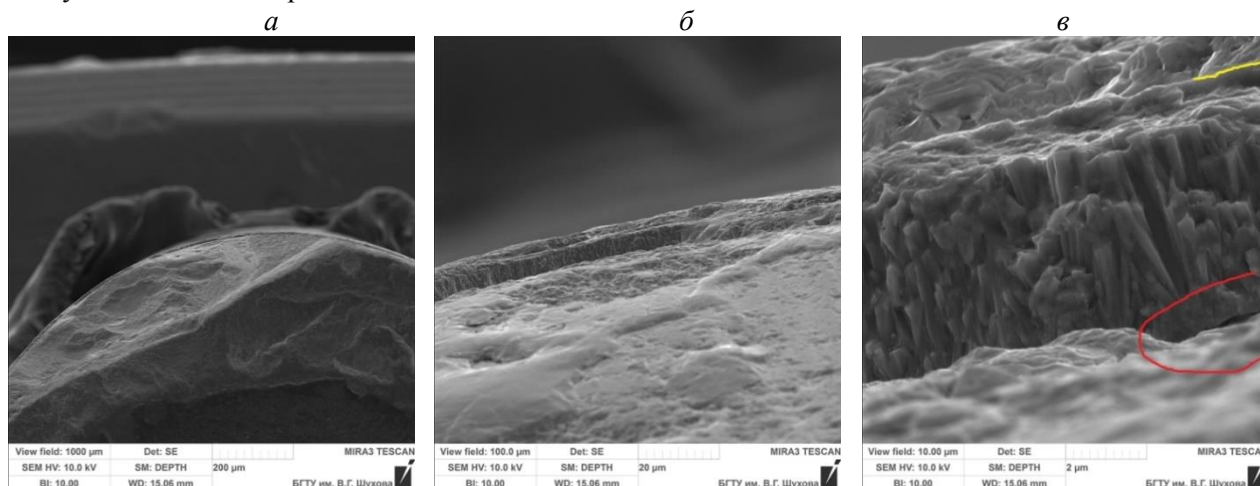


Рис. 7. Износ покрытия из сплава KMM253 с технологией CVD, точение с ударом:
а – увеличение до цены деления 20 мкм; б – увеличение до цены деления 2 мкм,
в – увеличение до цены деления 0,2 мкм

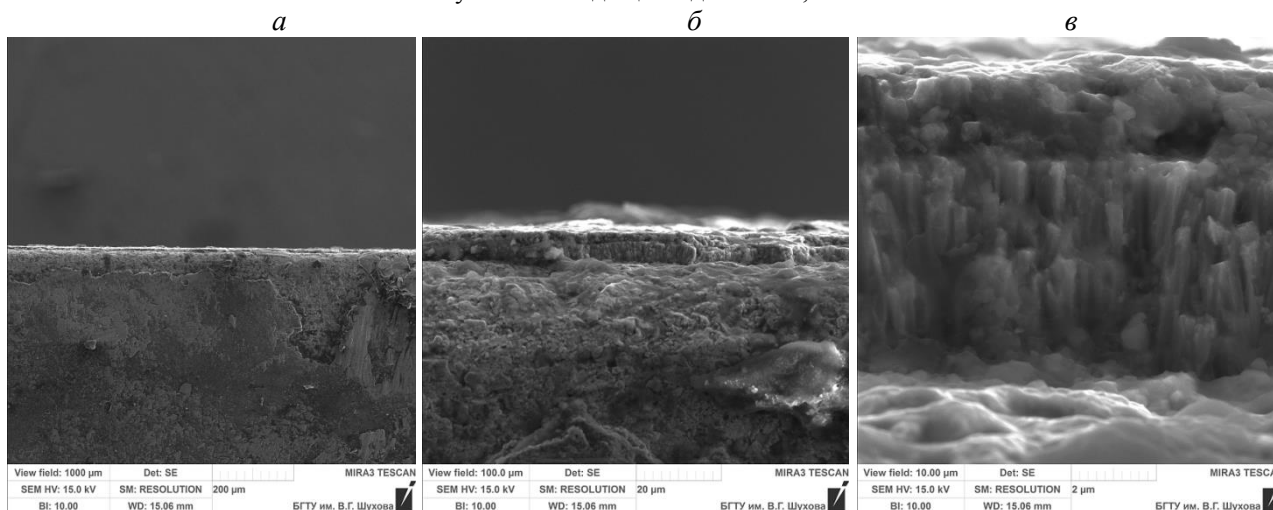


Рис. 8. Износ покрытия из сплава KMM253 с технологией CVD, точение без удара:
а – увеличение до цены деления 20 мкм; б – увеличение до цены деления 2 мкм,
в – увеличение до цены деления 0,2 мкм

На рис. 7 при увеличении до 0,2 мкм в структуре покрытия KMM253 с технологией CVD ярко выражены границы слоёв, верхний Al_2O_3 и нижний TiN слои покрытия имеют различную характерную структуру, наблюдается нарушение адгезии с основным материалом пластины. В условиях продольного точения без ударных нагрузок (рис. 8) в зоне износа наблюдаются два слоя, нарушение адгезии отсутствует.

Выводы. Разработанные эмпирические модели стойкости инструмента при точении сплавами KMM253 и KMG203 в различных условиях технологических условий обработки позволяют обеспечивать заданные параметры стойкости на

основе обоснованного назначения технологических режимов, прогнозировать работоспособность инструмента, оптимизировать технологические параметры с целью повышения производительности, снижения себестоимости изготовления деталей. Микроскопическим исследованием было доказано влияние ударных нагрузок на адгезию защитного покрытия твердосплавных пластин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. Марочник сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.

2. ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные Марки. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. 64 с.

3. Дуюн Т.А., Гринек А.В., Сахаров Д.В. Управление тепловыми параметрами процесса механической обработки с использованием численного моделирования их тепловых зависимостей // Промышленные контроллеры АСУ. 2015. №10. С. 43–50.

4. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.

5. Anurag Srivastava, Bhoopendra Dhar Diwan, Structural and elastic properties of ZrN and HfN: ab initio study // Canadian journal of Physics. 2014. Vol. 92. Pp. 1058–1061.

6. Youming Liu, Liuhe Li, Xun Cai, Qiulong Chen, Ming Xu, Yawei Hu, Tik-Lam Cheung, Shek C., Paul K. Chu. Effects of pretreatment by ionimplantation and interlayer on adhesion between aluminum substrate and TiN film // Thin Solid Films. 2005. Vol. 493. Iss 1-2. P. 152–159.

7. Нарцев В.М., Зайцев С.В., Прохоренков Д.С., Евтушенко Е.И., Ващилин В.С. Зависимость структуры ALN-покрытий от концентрации азота при осаждении на сапфир магнетронным методом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №1. С. 144–149.

8. Шпур Г., Штеферле Т. Справочник по технологии резания материалов. М.: Машиностроение, 1985. 616 с.

9. Stroiber W. Comminution Technology and Energy consumption. Part 1 // Cement International. 2003. №2.

10. Пчёлкин В.М. Особенности износа твердосплавных пластин при высокоскоростной обработке // Образование, наука, производство. 2015. Т.1. БГТУ им. В.Г. Шухова. С. 1703–1707.

11. Реброва И.А. Планирование эксперимента. Омск: СибАДИ, 2010. 105 с.

12. Бойко А.Ф., Воронкова М.Н. Теория планирования и организация многофакторных экспериментов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 73 с.

13. Рубанов В.Г. Бушуев Д.А. Моделирование экстремальных систем управления в среде Matlab и Simulink, как средство анализа динамики // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2012. №19 (138), вып. 24/1. С. 169–175.

14. Дуюн Т.А. Бешевли О.Б. Влияние технологических параметров на температурный режим и получаемое качество поверхности при фрезеровании баббита // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 112–117.

15. Пчёлкин В.М., Дуюн Т.А. Стойкость упрочняющих покрытий металлорежущего инструмента в условиях ударных нагрузок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 128–134.

Информация об авторах

Пчёлкин Вячеслав Михайлович, аспирант кафедры технологии машиностроения.

E-mail: pvm0106@mail.ru

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

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

Дуюн Татьяна Александровна, доктор технических наук, зав. кафедры технологии машиностроения.

E-mail: tanduun@mail.ru.

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

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

Поступила в октябре 2017 г.

© Пчёлкин В.М., Дуюн Т.А., 2018

V.M. Pchelkin, T.A. Duyun

WEAR RESISTANCE CARBIDE INSERTS WITH MULTI LAYER COATINGS IN VARIOUS TECHNOLOGICAL CONDITIONS TURNING HEAT-RESISTANT STEEL

The results of experimental studies of the wear resistance of carbide-tipped plates with multi-layer wear-resistant coatings obtained by various technological methods are presented: chemical vapor deposition and vapor deposition from the vapor (gas) phase by the ingress of corrosion-resistant high-temperature steel 08Kh18N10T. The experiment was carried out in the conditions of an industrial enterprise using the existing equipment, rigging and tools. The wear resistance of the plates was investigated in extreme technological conditions: turning with impact and turning without cooling. Empirical models of wear resistance with the use of first-order planning by the method of full-factor experiment have been developed. The influence of technological parameters of cutting was studied: feed of the cutting tool, cutting speed and depth. The features of wear, the period of firmness of different grades of hard alloy plates are revealed, the effect of the technological modes of turning on the wear processes is determined, the microstructure of the cutting inserts is analyzed after the thermal, force and impact loads of the cutting process are affected. The developed empirical models

allow to provide the given parameters of the tool life in various technological conditions on the basis of the justified designation of technological regimes, to predict the tool's efficiency, to optimize the technological parameters in order to increase productivity and reduce the production cost of parts.

Keywords: *empirical model of wear resistance, turning corrosion-resistant heat-resistant steel, firmness of hard alloy tool, experiment planning, results of micro-study of cutting inserts.*

Information about the authors

Vyacheslav M. Pchelkin, Postgraduate student.

E-mail: pvm0106@mail.ru

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

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

Tatiana A. Duyun, PhD, Professor.

E-mail: tanduun@mail.ru.

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

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

Received in October 2017

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/article_5a5dbf0ae47179.59347608

Карамышев А.Н., канд. экон. наук, доц.

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ О МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

antonkar2005@yandex.ru

Существующие технологии обоснования модернизации основных бизнес-процессов позволяют относительно легко рассчитать экономический эффект от ее реализации, поскольку все расчеты базируются преимущественно на линейных зависимостях. Обоснование модернизации вспомогательных бизнес-процессов более проблематичное, поскольку их специфические особенности значительно усложняют расчет экономического эффекта. Во-первых, наблюдается недостаток информации о технологиях выполнения вспомогательных бизнес-процессов. Во-вторых, существующий управленческий инструментарий не позволяет учесть сложный замкнутый характер экономических отношений между вспомогательными бизнес-процессами. В-третьих, сложность оценки качества продуктов вспомогательных бизнес-процессов и их влияния на основные бизнес-процессы. С целью обеспечения возможности обоснования проектов модернизации бизнес-процессов автором разработана модель, оценивающая эффективность управленческого решения о модернизации на основе изменения совокупной прибыли предприятия, отличающаяся от существующих учетом циклического характера экономических взаимосвязей между вспомогательными бизнес-процессами.

Ключевые слова: управление предприятием, промышленность, модернизация, модель.

Введение. Важнейшими факторами, обеспечивающими конкурентоспособность и устойчивое положение промышленного предприятия в условиях глобализированной открытой экономики являются получаемая прибыль, производственные затраты, рентабельность продаж. Значительное влияние на указанные показатели оказывают технологии выполнения основных и вспомогательных бизнес-процессов и вопросы обоснования их модернизации являются актуальными для промышленных предприятий.

Основной текст. Поскольку предприятие представляет собой совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов, то модернизация одного из вспомогательных или основных бизнес-процессов отражается на эффективности сети бизнес-процессов и предприятия в целом [1, 2].

Наиболее простым является обоснование проектов улучшения технологического оборудования основных (производственных) бизнес-процессов, которое осуществляется расчетом чистой текущей стоимости, срока окупаемости и внутренней нормы доходности проекта [3–5]. Обоснование модернизации вспомогательных бизнес-процессов сталкивается со следующими проблемами:

а) недостаток информации о технологиях выполнения вспомогательных бизнес-процессов;

б) существующий управленческий инструментарий не позволяет учесть сложный замкнутый характер экономических отношений между вспомогательными бизнес-процессами;

в) сложность оценки качества продуктов вспомогательных бизнес-процессов и их влияния на основные бизнес-процессы.

В основе разработанной модели принятия управленческих решений о модернизации технологий выполнения бизнес-процессов на крупном промышленном предприятии (рис. 1) лежит авторская методика расчета себестоимости продукции крупного машиностроительного предприятия с учетом принципа многоциклического распределения стоимости вспомогательных бизнес-процессов [6–8]. Для применения в предлагаемой модели данная методика нуждается в доработке, в частности, необходимо добавить в нее следующие пункты:

"Расчет прибыли от реализации g -го изделия". Рассчитывается по формуле:

$$GB_g^c = GB_g \times N_g \quad (1)$$

где GB_g^c – прибыль от реализации g -х изделий; N_g – объем g -й продукции, реализованной за отчетный период (месяц), шт.; GB_g – прибыль от реализации единицы g -го изделия.

$$GB_g = NS_g - PC_g \quad (2)$$

где NS_g – выручка от реализации единицы g -го изделия; PC_g – себестоимость единицы g -го изделия.

"Расчет совокупной прибыли предприятия". Рассчитывается по формуле:

$$GB^c = \sum_{g=1}^K GB_g^c \quad (3)$$

где GB^c – совокупная прибыль предприятия; K – ассортимент производимой продукции.

Основным критерием, характеризующим качество принимаемых управленческих решений в средне- и долгосрочной перспективе, является, по нашему мнению, прибыль. Если после принятого решения прибыль возрастает, то данное решение можно признать обоснованным, и наоборот.

Модель принятия управленческих решений о модернизации технологий выполнения бизнес-процессов на крупном промышленном предприятии представлена на рис. 1.

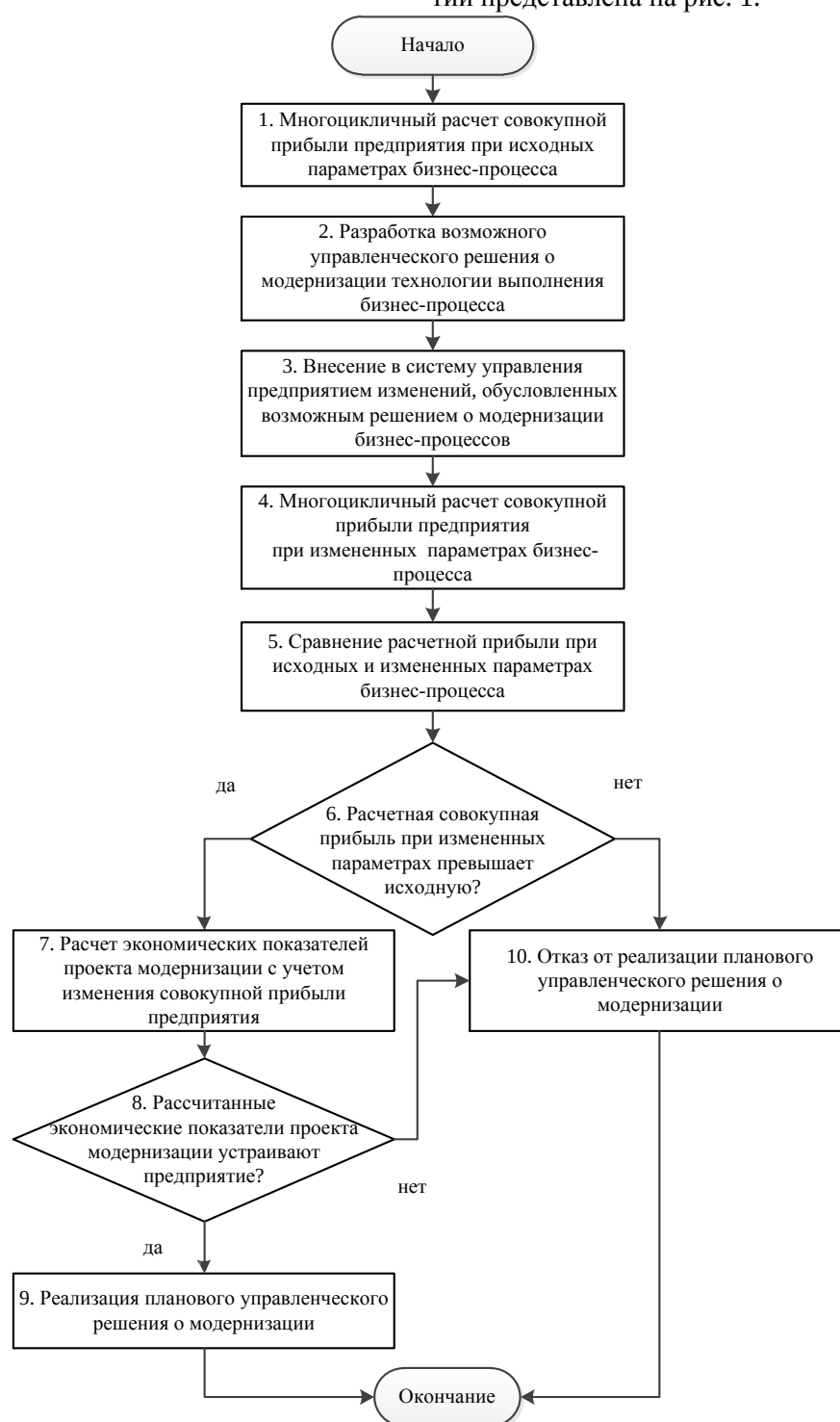


Рис. 1. Модель принятия управленческих решений о модернизации технологий выполнения бизнес-процессов на крупном промышленном предприятии (авторская разработка)

Рассмотрим этапы представленной модели.

Этап 1. Многоцикличный расчет совокупной прибыли предприятия при исходных параметрах бизнес-процесса.

Реализация этапа осуществляется на основе доработанной авторской методики расчета себестоимости продукции крупного машиностроительного предприятия с учетом принципа многоциклического распределения стоимости вспомогательных бизнес-процессов [7].

Методика позволяет уточнить себестоимость продукции в части накладных затрат за счет их более обоснованного распределения и более точно рассчитать прибыль от реализации g -го вида продукции.

Этап 2. Разработка возможного управленческого решения о модернизации технологии выполнения бизнес-процесса.

На данном этапе определяется оборудование, подлежащее замене, в рассматриваемом основном или вспомогательном бизнес-процессе; осуществляется маркетинговый поиск на рынке оборудования; проводятся предварительные переговоры с целью получения технико-коммерческих предложений от потенциальных поставщиков. По нашему мнению, на данном этапе должна осуществляться разработка бизнес-плана инвестиционного проекта.

Этап 3. Внесение в систему управления предприятием изменений, обусловленных возможным решением о модернизации бизнес-процессов.

В автоматизированной системе управления необходимо указать взаимосвязи модифицированного бизнес-процесса с остальными, указать драйверы затрат для дальнейшего распределения стоимости этого бизнес-процесса, определить изменение входных и выходных продуктов по всей сети бизнес-процессов предприятия [1, 2, 10–15].

Этап 4. Многоцикличный расчет совокупной прибыли предприятия при измененных параметрах бизнес-процесса.

На основе внесенных на этапе 3 изменений рассчитывается совокупная прибыль предприятия при модифицированном бизнес-процессе.

Этап 5. Сравнение расчетной прибыли при исходных и измененных параметрах бизнес-процесса.

На данном этапе сравниваются две величины GB_{before}^c (совокупная прибыль предприятия до принятия управленческого решения о модернизации бизнес-процесса) и GB_{after}^c (расчетная плановая совокупная прибыль предприятия в случае принятия управленческого решения о модернизации бизнес-процесса).

Условие 6. Расчетная совокупная прибыль при измененных параметрах превышает исходную?

Математически данное условие можно выразить следующим образом:

$$GB_{before}^c < GB_{after}^c \quad (4)$$

Если условие (4) выполняется – переходят к этапу 7, в противном случае – к 10 этапу.

Этап 7. Расчет экономических показателей проекта модернизации с учетом изменения совокупной прибыли предприятия.

Рассчитываются основные экономические показатели инвестиционного проекта модернизации рассматриваемого бизнес-процесса: чистая текущая стоимость, срок окупаемости и внутренняя норма доходности. При этом экономический эффект от реализации проекта формируется за счет увеличения совокупной прибыли предприятия:

$$\Delta GB^c = GB_{after}^c - GB_{before}^c \quad (5)$$

где ΔGB^c – величина, на которую увеличилась совокупная прибыль предприятия от реализации проекта.

Этап 8. Рассчитанные экономические показатели проекта модернизации устраивают предприятие?

В случае, если рассчитанные экономические показатели проекта модернизации устраивают руководство предприятия – переходят к этапу 9, в противном случае – к 10 этапу.

Этап 9. Реализация планового управленческого решения о модернизации.

На данном этапе начинается реализация организационно-технических мероприятий, предусмотренных бизнес-планом инвестиционного проекта.

Этап 10. Отказ от реализации планового управленческого решения о модернизации.

Управленческое решение, уменьшающее совокупную прибыль от реализации продукции, отвергается.

Выводы.

1. Предложенная модель принятия управленческих решений о модернизации технологий выполнения бизнес-процессов позволяет учитывать влияние модернизации одного или нескольких бизнес-процессов предприятия на всю их сеть, отличается от существующих учетом циклического характера экономических взаимосвязей между вспомогательными бизнес-процессами.

2. Экономический эффект от проектов модернизации бизнес-процессов формируется за счет увеличения совокупной прибыли от реализации продукции предприятия.

3. В основе предложенной модели лежит авторская методика расчета себестоимости продукции крупного машиностроительного предприятия с учетом принципа многоциклического распределения стоимости вспомогательных бизнес-процессов. Для применения в предлагаемой модели данная методика была дополнена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карамышев А.Н. Анализ сущности процессного подхода к управлению предприятием // Компетентность. 2017. №5. С. 47–51.
2. Карамышев А.Н. Анализ существующих подходов к управлению промышленным предприятием // Вестник ВСГУТУ. 2017. №3. С. 111–115.
3. Карамышев А.Н. Основы принятия управленческих решений на крупных машиностроительных предприятиях // Экономика и предпринимательство. 2017. №8. Ч.3. С. 996–998.
4. Карамышев А.Н. Анализ управленческих решений о модернизации технологий выполнения основных и вспомогательных бизнес-процессов промышленного предприятия // Экономика и предпринимательство. 2017. №2 (Ч.2). С. 816–820.
5. Карамышев А.Н. Анализ управленческих решений о расширении ассортимента и увеличении объемов производства продукции // Экономика и предпринимательство. 2017. №7. С. 833–836.
6. Карамышев А.Н. Принцип многоциклическости отнесения стоимости вспомогательных бизнес-процессов на себестоимость товарной продукции крупных промышленных предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 195–201.
7. Карамышев А.Н. Методика расчета себестоимости продукции крупного машиностроительного предприятия с учетом принципа многоциклического распределения стоимости вспомогательных бизнес-процессов // Экономика и предпринимательство. 2016. №12 (Ч.3). С. 1054–1061.
8. Карамышев А.Н. Алгоритм завершения многоциклического отнесения стоимости вспомогательных подпроцессов на основные бизнес-процессы промышленного предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №2. С. 233–235.
9. Карамышев А.Н. Методика расчета стоимости вспомогательных бизнес-процессов крупного машиностроительного предприятия с учетом их замкнутых циклических взаимосвязей // Экономика и предпринимательство. 2017. №5 (Ч.1). С. 563–568.
10. Hammer M. The Reengineering Revolution: A Handbook. New York: Harper Collins, 1995. 130 p.
11. Harmon P. Business Process Change. NY: Morgan Kaufmann, 2014. 520 p.
12. Burlton R. Business Process Management: Profiting From Process. NY: Sams, 2001. 400p.
13. Mahal, A. How Work Gets Done: Business Process Management, Basics and Beyond. New Jersey: Technics Publications, LLC. 2010. 193 p.
14. Mahal A. Facilitators and Trainers Toolkit. New Jersey: Technics Publications, LLC. 2014. 295 p.
15. Geary A. Rummler, Alan P. Brache. Improving Performance: How to Manage the White Space on the Organization Chart. NY: John Wiley & Sons, 2012. 288 p.

Информация об авторах

Карамышев Антон Николаевич, кандидат экономических наук, доцент.

E-mail: antonkar2005@yandex.ru

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета.

Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19

Поступила в ноябре 2017 г.

© Карамышев А.Н., 2018

A.N. Karamyshev

MODEL OF MAKING MANAGERIAL DECISIONS ON BUSINESS PROCESS TECHNOLOGIES IMPROVEMENT AT LARGE INDUSTRIAL ENTERPRISES

The existing technologies for justifying the improvement of the main business processes allows relatively easy to calculate the economic effect of its implementation, since all calculations are based primarily on linear dependencies. Justification of auxiliary business processes improvement is more problematic due to their specific features making much more difficult to calculate the economic effect. Firstly, the information about the technologies for implementing auxiliary business processes is insufficient. Secondly, the existing management tools do not allow to take into account the complex closed nature of economic relations between auxiliary business processes. Thirdly, the quality of auxiliary business process products and their impact on the main

business processes is difficult to evaluate. In order to provide an opportunity to justify the projects for business processes improvement, the author has developed a model that assesses the effectiveness of the managerial decision concerning the improvement based on changes in the company's total profit, which differs from the existing ones by consideration of the cyclical nature of the economic relationships between the auxiliary business processes.

Keywords: *enterprise management, industry, modernization, model.*

Information about the authors

Anton N. Karamyshev, PhD, Assistant professor.

E-mail: antonkar2005@yandex.ru

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University.

Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, h. 68/19.

Received in November 2017

¹Парфенова Е.Н., канд. экон. наук, доц.,²Авилова Ж.Н., канд. соц. наук, доц.¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

НЕОБХОДИМОСТЬ ПОРТФЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

janna-avilova@mail.ru

Каждая строительная компания для того, чтобы быть успешной на рынке, одной из главных стратегической целей ставит обеспечение конкурентоспособности своей деятельности. Однако, лишь небольшая доля стратегических инициатив руководства, которые направлены на достижение этой цели, выполняются. Переход от стратегии к конкретным тактическим действиям исполнителей в строительных проектах «пробуксовывает» из-за отсутствия регулярного механизма, который бы устанавливал нужные приоритеты. Эта проблема может быть успешно решена в рамках управления портфелем проектов – набором проектов (не обязательно технологически зависимых), реализуемым организацией в условиях ресурсных ограничений и обеспечивающим достижение стратегических целей.

Ключевые слова: проект, портфельное управление, строительство, жизненный цикл, механизм, инвестиции.

Введение. Для растущего инвестиционного рынка России сегодня характерны типичные проблемы и специфические особенности, связанные с развитием инвестиционного сектора отечественной экономики. В то же время некоторые сегменты этого рынка находятся под влиянием многих внешних и внутренних факторов, которые трудно принять во внимание, что порождает неопределенность в реализации инвестиционной политики инвесторов. Эти факторы и проблемы напрямую связаны с инвестиционной и строительной деятельностью. В то же время необходимо учитывать, что проблема повышения эффективности инвестиционной деятельности в строительной отрасли, успешная реализация инвестиционных и строительных проектов напрямую связана с изучением проблемы максимизации доходов и минимизации риска, как для инвестора, так и для строительства, что предполагает использование портфельного управления инвестициями при выборе инвестиционных проектов. Такой подход позволит строительной организации сформировать оптимальный портфель инвестиционных заказов и строительных проектов, которые повысят конкурентоспособность строительной организации и позволят ей успешно планировать свою производственную деятельность в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Методология. Основанием для исследования проблемы портфельного управления проектами послужили фундаментальные труды классиков научной мысли по широкому спектру проблем, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам методологии

и методике формирования модели управления портфелем проектов для реализации стратегических целей строительных организаций.

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. Сегодня трудно не заметить, что большое количество строительных объектов, на которых некоторое время назад активно велись строительные работы, в настоящее время находятся в замороженном состоянии. Как правило, замороженным объект считается тогда, когда работы по нему либо на длительный срок откладываются, и неоднократно, либо официально прекращаются на неопределенный срок.

В настоящее время в России заморожено около 10–20 % объектов жилого комплекса и коммерческой недвижимости, находящиеся на стадии строительства и приблизительно 80 % объектов, находящихся на стадии проектирования и подготовке строительных работ. В частности в Белгороде, на начало 2017 года насчитывалось 19 объектов капитального строительства, попавшие в разряд долгостроев [1].

Если речь идет о жилых помещениях, то в первую очередь страдают будущие жильцы, которые инвестировали свои средства в недвижимость и квартиру в намеченный срок не полу-

чили. Данная проблема стоит очень остро, и руководителям многих строительных организаций, необходимо в первую очередь обращать внимание на то, чтобы придерживаться запланированных сроков сдачи объектов коммерческой и жи-

лой недвижимости. Результаты анализа основополагающих причин заморозки строительных объектов на территории России, представлены следующим образом (рис. 1):



Рис. 1. Результаты анализа основных причин заморозки строительных объектов на территории России [2]

Данная проблема существует и на территории Белгородской области. Многие объекты заморожены, а сотни инвесторов, которые приобрели недвижимость в строящихся домах, с каждым днем теряют надежду, что когда-нибудь смогут вселиться в свои квартиры. В настоящее время в городе 12 недостроев, степень готовности, которых превышает 70 %. По данным Федеральной службы государственной статистики

Белгородской области три из четырех строительных проекта замораживаются из-за прекращения инвестиций и отсутствия необходимых строительных материалов для дальнейшего возведения объекта.

Представленный блок выявленных причин напрямую связан с проектным управлением в строительной организации и с интересами основных участников строительных проектов (табл. 1.) [2, 7, 8, 9].

Таблица 1

Интересы основных участников строительных проектов

№ п/п	Интересы	Инвестор	Заказчик	Исполнитель	Потребитель
1.	Сумма инвестиций	min	max	max	нейтрально
2.	Объем прибыли	max	max	max	нейтрально
3.	Срок возврата инвестиций	min	max	нейтрально	нейтрально
4.	Качество продукта	нейтрально	max	нейтрально	max
5.	Срок строительства	min	min	max	нейтрально
6.	Ресурсы проекта	нейтрально	min	max	нейтрально
7.	Гарантийные обязательства	нейтрально	max	min	max
8.	Правовое обеспечение	max	max	max	max

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод о том, что:

1. Такая проблема как отсутствие инвестиций в их достаточном количестве может возникать из-за того, что инвестор желает инвестировать как можно меньшее количество денежных

средств в проект при минимальном сроке окупаемости, что зачастую на практике просто невозможно. Растут цены, происходит перепроектировка строительного объекта, что требует дополнительных денежных вливаний, зачастую инвестор не идет на это, что и вызывает задержку сроков сдачи объекта в эксплуатацию.

2. Отсутствие должного качества проекта. Данная проблема возникает из-за того, что инвестора и исполнителя не интересует качество проекта, их интерес состоит в максимально быстром возврате денежных средств даже в ущерб качеству проекта.

3. Постоянная смена подрядчиков возникает из-за минимального интереса к своим гарантийным обязательствам, следствием чего является некомпетентность нового подрядчика, из-за отсутствия достаточной информированности о реализуемом проекте.

Решение данной проблемы является возможным только через эффективное проектное управление. К сожалению, опыт российских компаний, занимающихся строительством, показывает недостаточно активное использование данного метода координации своих действий, полагаясь на собственные умения и опыт.

Как известно, любой строительный объект, будь то жилой комплекс, офисное здание, это проект, а если таких проектов в строительной организации множество, то их целесообразно объединять в портфель проектов. Управление порт-

фелем проектов - это механизм, призванный перевести стратегию в портфель проектов для последующей реализации, планирования, анализа и переоценки портфеля для эффективного достижения стратегических целей компании. Одним из ключевых аспектов управления портфелем проектов является то, что это процесс, который четко характеризуется соответствием с направлением бизнеса. Приоритеты устанавливаются с помощью процесса оптимизации, который подходит для организации. Риски и стимулы учитываются и балансируются, а программы выбираются на основе их соответствия организационной стратегии. Обзор осуществляется посредством реализации программы и проекта, с тем, чтобы можно было адаптировать портфель, если это необходимо. Стратегические изменения также могут привести к корректировке портфеля.

Цели управления портфелем производятся непосредственно из проблем, возникающих в мультипроектной среде.

Более наглядно, сущность управления портфелем проекта, можно представить, схематично изобразив его жизненный цикл (рис. 2):

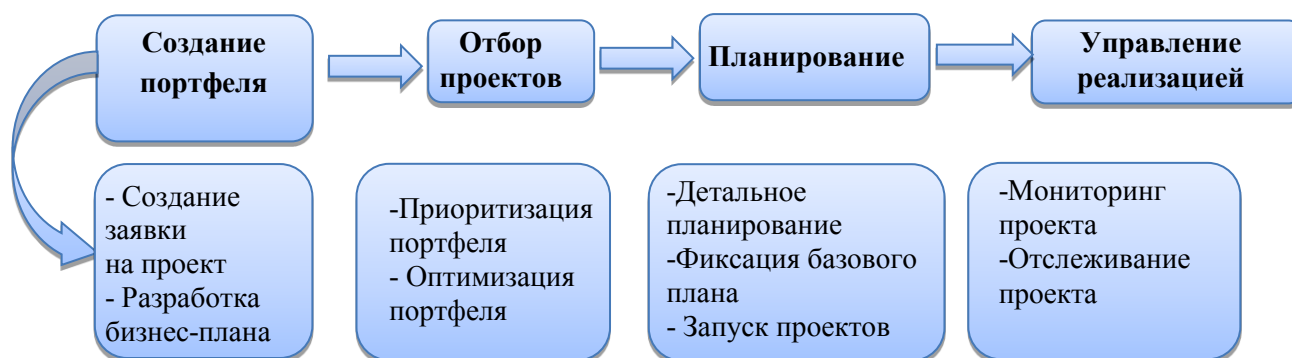


Рис. 2. Жизненный цикл управления портфелем проектов

Жизненный цикл управления портфелем проектов представляет собой совокупность конкретных фаз, которые соотносятся с периодами выполнения определённых работ по портфелю проектов.

Для обеспечения более эффективного планирования и оценки проектов предлагается использовать метод поэтапной разработки проекта, называемый «фазовые входы» («stage gate», «toll gate») [3, 10].

Этот поэтапный подход к продвижению проектов предусматривает стандартизованный подход к оценке возможностей и рисков проекта, связанных с его развитием.

Фазовые входы являются контрольно-пропускными пунктами и оценкой осуществимости перехода проекта на следующий этап управления проектом. Ключевым принципом метода фазового

входа является четкое разделение обязанностей на каждом этапе разработки проекта и его оценки. В конце каждого этапа одобрение и утверждение проекта осуществляется на контрольном совещании с участием ключевых сотрудников компании в каждой из соответствующих областей [4, 5, 6, 11]. Такой формальный процесс позволяет управляющим оценить влияние вложенных средств и используемых ресурсов на успешность проекта. Применяя его у себя в компании, можно достигнуть следующих эффектов:

- повышение прозрачности и контроля освоения инвестиций;
- повышение отдачи от инвестиций и минимизация рисков;

- повышение эффективности принятия правильных управленческих решений с учетом их влияния на всю совокупность проектов;
- повышение эффективности распределения материальных, не материальных и трудовых ресурсов между программами/проектами портфеля.

Выводы. Представленный метод поэтапного развития проекта поможет руководителям строительных компаний эффективно управлять всеми имеющимися ресурсами и инвестициями, чтобы в полной мере соответствовать выбранному курсу развития и не задерживать запланированные сроки сдачи строительных объектов, более оперативно реагировать на внешние условия рынка и обеспечить целенаправленное развитие компании с акцентом на выработку конкурентных преимуществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вся недвижимость России. Новости». [Электронный ресурс] Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.allproperty.ru/> (дата обращения: 22.09.2017).
2. «Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области» [Электронный ресурс] Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://belg.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/belg/ru/. (дата обращения: 30.09.2017).
3. Бартенева О.А. Проектно-портфельные методы инновационного управления крупными инвестиционно-строительными компаниями // Российское предпринимательство. 2011. №5 (2). С. 147–151.
4. Емельянова К., Седова К. Отбор проектов в портфель: как сделать правильный выбор? // Новости менеджмента. 2011. № 9. С. 12–18.
5. Белянкин Г.А., Борисов А.А., Васин А.А. Оптимальное распределение средств между инвестиционными проектами // Инвестиции. 2011. № 1. С. 45–54.
6. Тхориков Б.А. Проблемы целеполагания в системе государственного управления социальной сферой // Историческая и социально-образовательная мысль. 2016. Т. 8. № 1–2. С. 164–166.
7. Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А. Технологическая модернизация предприятий: барьеры, критерии принятия решения и механизм реализации // Белгородский экономический вестник. 2015. № 2 (78). С. 20–27.
8. Прядко С.Н., Жданкова Е.А. Установление стратегических приоритетов в планировании долгосрочного развития региональных предприятий // Фундаментальные исследования. 2016. № 6–2. С. 454–459.
9. Avilova Z.N., Gulei I.A., Shavyrina I.V. Formation of the customer-centric organizational culture of the university as a factor of effective social and economic development of the region // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Т. 6. № 3. С. 207–216.
10. 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.
11. Дорошенко Ю.А., Малыгина И.О. Важнейшие технологии развития инвестиционно-инновационной деятельности регионов России // Белгородский экономический вестник. 2016. № 2 (82). С. 21–26.

Информация об авторах

Парфенова Елена Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга.
E-mail: parfenova@bsu.edu.ru
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Авилова Жанна Николаевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и управления.
E-mail: janna-avilova@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила в октябре 2017 г.

© Парфенова Е.Н., Авилова Ж.Н., 2018

E.N. Parfenova, Z.N. Avilova

NECESSITY OF PORTFOLIO MANAGEMENT OF PROJECTS IN CONSTRUCTION

The article substantiates the urgency of researching the methodology and methodology for the formation of a portfolio management model for implementing strategic goals of construction organizations; the life cycle of portfolio management is analyzed as a set of specific phases that correspond to the periods of performance of certain works on the project portfolio; the main effects of the method of phased development of the project are listed; the main problems of managing the life cycle of portfolio management in the construction sector are raised.

Keywords: *project, portfolio management, construction, life cycle, mechanism, investments.*

Information about the authors

Elena N. Parfenova, PhD, Assistant professor.

E-mail: parfenova@bsu.edu.ru

Belgorod National Research University.

Russia, 308015, Belgorod, Pobeda st., 85.

Zhanna N. Avilova, PhD, Assistant professor.

E-mail: janna-avilova@mail.ru

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

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

Received in October 2017

Сборщиков С.Б., д-р экон. наук, проф.,
Лейбман Д.М., аспирант

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

СВЯЗИ В СИСТЕМЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛИНГА КАК ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА КОРПОРАТИВНОМ УРОВНЕ

tous2004@mail.ru

Важнейшую роль в комплексном процессе управления инвестиционно-строительной деятельности, играют обратные связи, поскольку на их основе осуществляются три базовых процесса управления, а именно: собственно управление, контроль и принятие решений. Представленная статья посвящена обзору связей в системе стратегического контроллинга, которые рассматриваются в качестве основы обеспечения эффективного контура управления инвестиционно-строительной деятельностью на корпоративном уровне. Используются подходы и принципы организации управления, системотехники и организационного моделирования. Предложена схема принятия и корректировки решений на основе стратегического контроллинга. Разработана общая схема процессов, реализуемых в системе стратегического контроллинга строительства технически сложных объектов. Постоянная работа по анализу результатов контроля, совмещенная с алгоритмом принятия и корректировки решений, позволяет системе контроллинга не только самосовершенствоваться в процессе работы, но и выявлять системные проблемы реализации инвестиционно-строительного проекта. На основе анализа выявленных системных проблем, разрабатываются как коррективы в системе стратегического планирования, так и в системе управления. В частности, система планирования наполняется новыми параметрами, отсутствие которых непосредственно повлияло на детализацию и качество работы системы контроллинга. Система управления корректируется с учетом выявленных критических мест, снижающих скорость и качество принимаемых управленческих решений.

Ключевые слова: корпоративный уровень, инвестиционно-строительная деятельность, контроллинг, управление, строительство, инвестиции, устойчивое развитие.

Введение. С точки зрения кибернетики инвестиционно-строительная деятельность, как система – это комплекс скоординированных элементов, взаимообусловленных в границах более сложной многокомпонентной и многоуровневой структуры, интегрированных в единое целое, управление которыми реализуется на основе воздействий, установленных в плане.

Реализуемые в инвестиционно-строительной деятельности в соответствии с корпоративными стратегическими и оперативно-производственными планами основные и обеспечивающие процессы, а также их комплексы определяются разнообразными потоками (например: рабочей силы, техники, энергии, материалов, инвестиций). С другой стороны, функционирование самой системы оказывает как непосредственные, так и косвенные воздействия на эти потоки [1–7].

Основная часть. В этой связи наличие связи и обратной связи составляет генезис явлений и процессов, происходящих в инвестиционно-строительной деятельности. Связи верифицируют отношения, которые объединяют или вза-

имно определяют структурные элементы в рамках указанной деятельности. А совокупность связей между составными элементами корпоративного уровня придает всей системе целостность [8–12].

Категория обратной связи имеет основополагающий характер, и как явление наблюдается во всех системах, в их компонентах и между ними. С усложнением строительства, углубления специализации, усиления кооперации, широкого использования результатов научных исследований расширяется номенклатура действий обратной связи.

Обратные связи играют особую роль в контуре управления инвестиционно-строительной деятельности, т. к. на их основе осуществляются три базовых процесса, а именно: воздействие, контроль и принятие решений. Два последних процесса идентифицируют назначение и функциональное наполнение системы стратегического контроллинга инвестиционно-строительной деятельности на уровнях иерархии. Поэтому на современном этапе установление вида и способа обратной связи являются важной составляющей

управления процессами в инвестиционно-строительной деятельности.

Обратная связь реализуется посредством взаимодействия выходных и входных параметров, которое может носить явный характер, либо опосредовано структурными единицами, одним из которых является подразделение контроллинга, либо эти формы могут проявляться одновременно.

Таким образом, обратная связь на основе анализа выходных величин инвестиционно-строительной деятельности определяет уровень достижения поставленных задач. В случае наличия отклонений система контроллинга принимает меры к тому, чтобы вернуть инвестиционно-строительную деятельность на траекторию, сформированную стратегией устойчивого развития.

Помимо связей каждая система характеризуется функциональным содержанием и её поведением в рамках генеральной стратегии, которые напрямую оказывают влияние на эффективность контура управления инвестиционно-строительной деятельностью.

В соответствии с теоретическими основами кибернетики, функция – это существенный признак системы, её обособление основывается на учете коммуникации с остальными системами корпоративного уровня инвестиционно-строительной деятельности, или внешней среды по отношению к данной системе [13–19].

Входящие в систему потоки рабочей силы, техники, энергии, материалов, информации и инвестиций воплощают воздействие на неё внешней среды. С другой стороны, система при помощи выходных потоков оказывает влияние на окружающие её системы в рамках инвестиционно-строительной деятельности.

Вид и способ преобразования входных потоков в потоки на выходе определяют поведение системы, которые находятся в тесной связи с её структурой.

Функции, поведение и структура инвестиционно-строительной деятельности зависят от её динамического характера, складывающегося под влиянием как объективных, так и субъективных закономерностей.

Таким образом, учет системой стратегического контроллинга динамических свойств инвестиционно-строительной деятельности позволяет сформировать рациональную топологию связей между ее элементами и обеспечить достижение технико-экономических показателей стратегического плана.

С этой целью для адекватного реагирования

на внешние и внутренние трансформации инвестиционно-строительной деятельности на корпоративном уровне инициируются три вида контроля:

1. Встроенный контроль – набор контрольных процедур, результатом осуществления которых являются фиксированные точки, либо этапы реализации проекта, без достижения которых он не может дальше реализовываться.

2. Текущий контроль – набор контрольных процедур, результатом осуществления которых является детальный анализ хода реализации проекта, позволяющий своевременно управлять выявленными отклонениями.

3. Постконтроль (инспекционный) – набор контрольных процедур, результатом осуществления которых является установление и предотвращение нарушений, допущенных в ход реализации проекта.

Интеграция указанных видов контроля в рамках общей системы управления строительством технически сложных объектов позволяет предложить схему принятия и корректировки решений на основе стратегического контроллинга (рис. 1).

В её рамках реализуется перманентный комплексный процесс, включающий в себя такие процедуры: выявление отклонений от контролируемых параметров, их систематизация, прогнозирование рисков недостижения ключевых параметров и разработка компенсирующих мероприятий, позволяющих управлять выявленными отклонениями и демпфирования риска.

Как было описано выше, на этапе текущего контроля выполняется ряд контрольных процедур, позволяющих анализировать ход реализации проекта и выявлять отклонения. На этапе постконтроля (инспекционного), выявляются нарушения, допущенные в ходе реализации проекта. Постоянная работа по анализу результатов обоих видов контроля, совмещенная с алгоритмом принятия и корректировки решений, позволяет системе контроллинга не только самосовершенствоваться в процессе работы, но и выявлять системные проблемы реализации инвестиционно-строительного проекта. На основе анализа выявленных системных проблем, разрабатываются как коррективы в системе стратегического планирования, так и в системе управления. В частности, система планирования наполняется новыми параметрами, отсутствие которых непосредственно повлияло на детализацию и качество работы системы контроллинга. Система управления корректируется с учетом выявленных критических мест, снижающих скорость и качество принимаемых управленческих решений.



Рис. 1. Схема принятия и корректировки решений в системе стратегического контроллинга строительства технически сложных объектов

С учетом вышеизложенного общая схема процессов, реализуемых в системе стратегического контроллинга строительства технически

сложных объектов представлена на рис. 2.

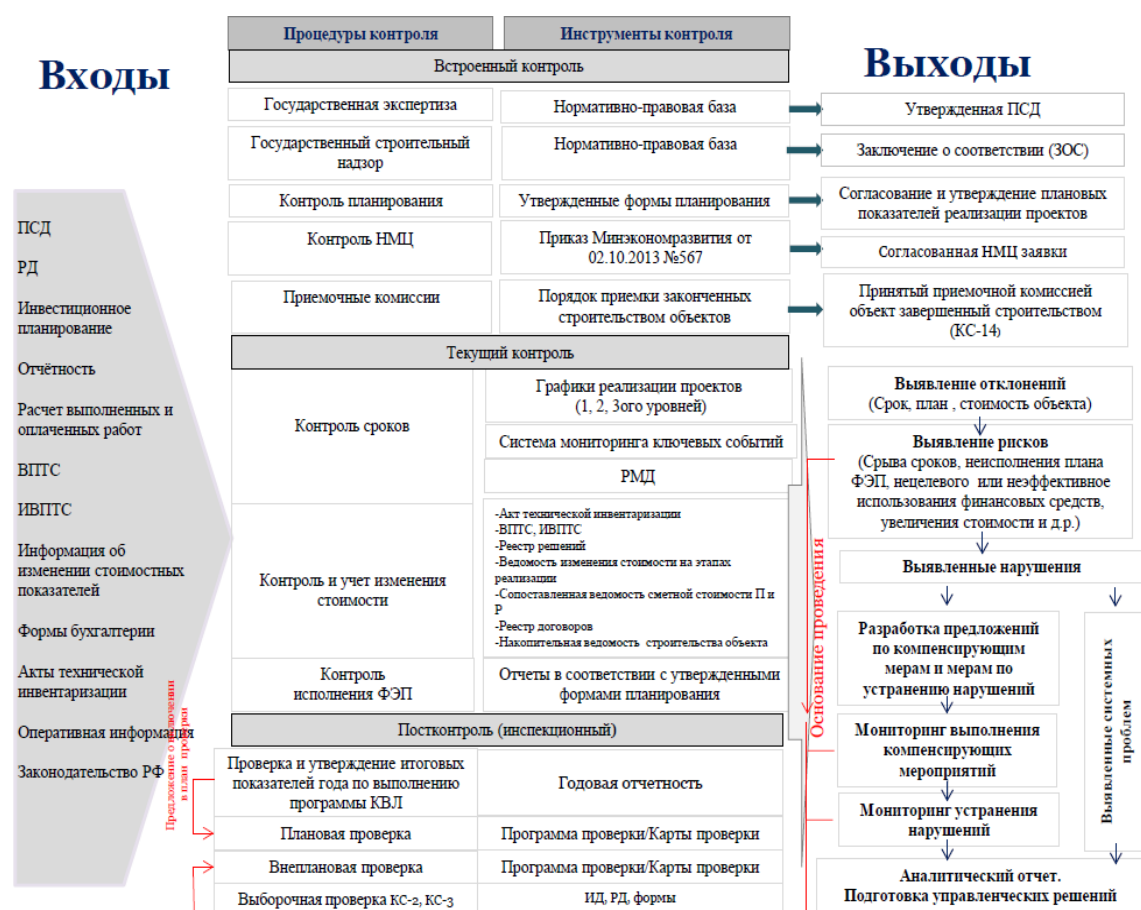


Рис. 2. Общая схема процессов, реализуемых в системе стратегического контроллинга строительства технически сложных объектов

Выводы. Отдельные положения описанной в данной работе системы прошли апробацию в рамках выполнения НИИ Экспертизы и инжиниринга НИУ МГСУ работ по осуществлению комплексного мониторинга хода проектирования и строительства объектов учреждений, подведомственных Министерству образования и науки РФ, а также в ходе осуществления функций строительного контроля заказчика, технического заказчика на ряде других объектов. Для этого были разработаны матрица контроля, являющаяся основным элементом нормативной составляющей корпоративной системы управления и формы документов для мониторинга показателей стратегических планов.

Можно констатировать, что апробация некоторых положений доказало эффективность применения системы стратегического контроллинга в строительстве, а методические разработки, разработанные в рамках исследования, способствовали: рациональному использованию ограниченных ресурсов; ориентации на достижение стратегических целей; снижению стоимости и продолжительности строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сборщиков С.Б. Логистика регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере (теория, методология, практика). Дисс. док. эконом. наук. Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2012.
2. Субботин А.С. Управление кластерными структурами в строительстве // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 247–253.
3. Субботин А.С. Принципы инновационного развития кластерной модели организации с участием государственно-частных партнерств // Научное обозрение. 2013. № 2. С. 243–245.
4. Лейбман Д.М. Формализованное описание функционирования системы стратегического контроллинга // Вестник МГСУ. 2016. №10. С. 151–159.
5. Лейбман Д.М. Ретроспективный анализ развития системы контроллинга и перспективы ее использования в строительстве // Научное обозрение. 2016. № 18. С. 191–195.
6. Сборщиков С.Б., Шинкарева Г.Н. Развитие инжиниринга как фактор интенсификации инвестиционно-строительной деятельности // Научное обозрение. 2016. № 13. С. 13–17.
7. LiJuan Chen, Hanbin Luo. A BIM-based

construction quality management model and its applications // Automation in Construction. 2014. Vol. 46. Pp. 64–73.

8. Шинкарева Г.Н., Маслова Л.А. Конtrakты жизненного цикла – новый формат взаимодействия государства, инжиниринговых компаний и бизнеса // Научное обозрение. 2016. № 18. С. 222–227.

9. Алексанин А.В., Сборщиков С.Б. Оценка экономической эффективности использования новых технологий, материалов и решений в проектах по энергосбережению // Вестник МГСУ. 2009. № 1 (Спецвыпуск). С. 164–167.

10. Алексанин А.В. Вопросы устойчивого развития строительства в резолюции ООН // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 28–31.

11. Жаров Я.В. Учет организационных аспектов при планировании строительного производства в энергетике // ПГС. 2013. №5. С. 69–71.

12. Жаров Я.В. Математическое описание информационного взаимодействия в инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2014. № 5. С. 170–175.

13. Журавлев П.А. Цена строительства и этапы ее формирования // Вестник Иркутского государственного технического университета.

2015. № 9. С. 174–178.

14. Журавлев П.А. К вопросу использования ресурсно-технологического моделирования при формировании инвестиционных программ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 198–201.

15. Лазарева Н.В. Стоимостной инжиниринг как основа интеграции процессов планирования, финансирования и ценообразования в инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 178–185.

16. Лазарева Н.В. Особенности инжиниринговой схемы управления строительством технически сложных объектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №11. С. 79–83

17. Маркова И.М. Теоретические закономерности формирования организационной структуры регулирования инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2010. № 4-5. С. 341–345.

18. Su Han Chan, Ko Wang, Jing Yang. The Pricing of Construction Loans // International real estate review. 2016. Vol.19, №.4. Pp. 411–434.

19. Ляпин А.В., Ляпин В.Ю. Современный подход к организации сметной деятельности в строительстве // Научное обозрение. 2016. № 8. С. 251–255.

Информация об авторах

Сборщиков Сергей Борисович, доктор экономических наук, профессор кафедры технологии, организации и управления строительством.

E-mail: tous2004@mail.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Лейбман Дмитрий Михайлович, аспирант корпоративной кафедры СОАЭ.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в октябре 2017 г.

© Сборщиков С.Б., Лейбман Д.М., 2018

S.B. Sborshikov, D.M. Lejbman

LINKS IN THE SYSTEM OF STRATEGIC CONTROLLING AS A BASIS FOR PROVIDING AN EFFECTIVE CONTROL OF MANAGEMENT OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION ACTIVITY AT THE CORPORATE LEVEL

The most important role in the complex process of managing investment and construction activities is played by feedbacks, because they are based on three basic management processes, namely, proper management, control and decision-making. The article is devoted to the review of relations in the system of strategic controlling, which are considered as the basis for ensuring an effective control loop for investment and construction activities at the corporate level. Approaches and principles of management organization, system engineering and organizational modeling were used. A scheme for making and adjusting decisions based on strategic controlling is proposed. A general scheme of the processes implemented in the system of strategic controlling of the construction of technically complex facilities has been developed. Continuous work on the

analysis of control results, combined with the algorithm for making and adjusting decisions, allows the controlling system not only to improve itself in the process of work, but also to identify systemic problems in the implementation of the investment and construction project. Based on the analysis of identified systemic problems, corrections are developed both in the strategic planning system and in the management system. In particular, the planning system is filled with new parameters, the absence of which directly influenced the detailing and quality of the controlling system. The management system is adjusted taking into account the identified critical places that reduce the speed and quality of management decisions.

Keywords: corporate level, investment and construction, controlling, management, construction, investment, sustainable development.

Information about the authors

Sergey B. Sborshikov, PhD, Professor.

E-mail: tous2004@mail.ru

Moscow state university of civil engineering (national research university).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Dmitriy M. Lejbman, Postgraduate student.

Moscow state university of civil engineering (national research university).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in October 2017

Прядко С.Н., канд. экон. наук, доц.,
Винник А.Е., ст. преп.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ВУЗОВ

pryadko_s@bsu.edu.ru.

В статье обоснована необходимость повышения эффективности управления конкурентоспособностью национальных вузов для участия в глобальной конкурентной борьбе и вхождения в мировое образовательное пространство. В рамках исследования проведен анализ представленности российских вузов в ведущих мировых рейтингах, показатели которых и должны стать основой для разработки стратегических программ повышения конкурентоспособности вузов на рынке образовательных услуг.

Ключевые слова: рынок образовательных услуг, тренды, конкурентоспособность, вузы, рейтинг.

Введение. В современных условиях, характеризующихся усилением процессов глобализации и интернационализации, система высшего образования представляет собой инновационный потенциал развития экономики страны и повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке. Конкуренция выступает важным стимулом развития вузов, что находит отражение в государственной программе «Развитие образования на 2016–2020 годы», в которой закреплено понятие «честной конкуренции» между вузами, а также обоснована возможность получения государственной поддержки проектов по повышению международной конкурентоспособности ведущих университетов страны.

По прогнозным оценкам специалистов школы управления «Сколково» в ближайшее десятилетие модель организации вузов претерпит серьезные изменения, связанные в первую очередь со сдвигом технологической парадигмы и

освоением новых возможностей лидерами рынка образовательных услуг, что станет очевидным и в России в период с 2017–2025 гг. [8].

Методология. Для разработки рекомендаций по повышению конкурентоспособности российских вузов, авторами было проведено исследование, состоящее из трех этапов (рис. 1).

В рамках первого этапа был проведен анализ и выявлены основные мировые тенденции развития образовательного пространства. На втором этапе проанализирована динамика представленности российских вузов в ведущих мировых образовательных рейтингах. На основании результатов проведенного исследования авторами выделены достижимые критерии ведущих рейтингов, которые должны стать основой при разработке программ повышения конкурентоспособности национальных университетов.

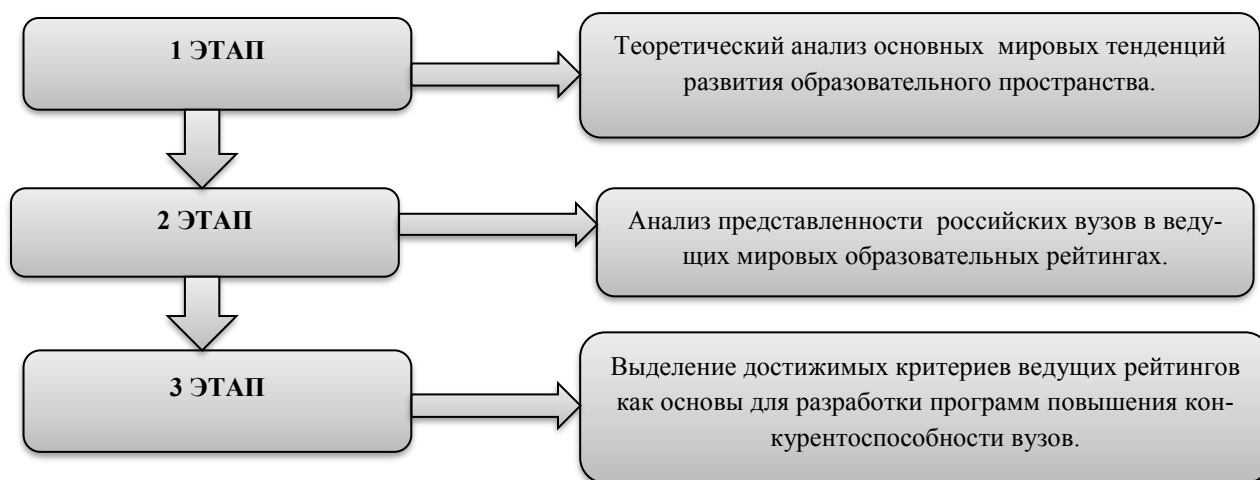


Рис. 1. Основные этапы исследования

Основная часть. На современном этапе экономического развития образование представляет собой одну из наиболее инновационных отраслей, оказывающую влияние на формирование инновационного климата и конкурентоспособность национальной экономики [3].

Теоретический анализ данных по проблеме исследования показал, что система высшего образования стоит на пороге новой волны инноваций, которая серьезно может изменить уже сложившийся «образовательный ландшафт» как в России, так и во всем мире. Ведущие российские эксперты выделяют следующие ключевые тренды, характеризующие происходящие изменения высшей школы:

- доступность и массовость высшего образования;
- интернационализация, глобальная конкуренция и «война за таланты»;
- турбулентность мировой экономики и формирование нового технологического уклада в промышленности;
- «цифровая революция», массовое распространение образовательных он-лайн в виде «лавины инноваций» [4].

Обозначенные тенденции ставят новые задачи по повышению конкурентоспособности

российских университетов и их участия в мировом образовательном пространстве. Однако анализ данных по проблеме исследования показал, что не все российские вузы реализуют целенаправленную политику в области управления конкурентоспособностью, что подтверждает недостаточно высокий уровень представленности национальных университетов в ведущих мировых рейтингах. Одним из проектов, направленным на повышение конкурентоспособности российского высшего образования, является программа «5-100», цель которой обеспечить вхождение ведущих национальных вузов в глобальные международные рейтинги, такие как The Times Higher Education World University Rankings (THE), Academic Ranking of World Universities (ARWU) и Quacquarelli Symonds World University Rankings (QS) [7].

Проведенный анализ показал, что в академическом рейтинге университетов мира (The Academic Ranking of World Universities), публикуемом ежегодно с 2003 года и выявляющем 500 лучших учебных заведений, в «топ-100» на протяжении последних шести лет Россия представлена только одним университетом (табл. 1).

Таблица 1

Суммарные данные об уровне представленности стран в топ-20 и топ-100 ARWU за 2012 -2017 гг. [2]

Страна	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Топ 20	Топ 100	Топ 20	Топ 100	Топ 20	Топ 100	Топ 20	Топ 100	Топ 20	Топ 100	Топ 20	Топ 100
США	17	53	17	52	16	52	16	51	15	50	16	48
Великобритания	2	9	2	9	3	8	3	9	3	8	3	9
Швейцария	-	3	1	4	1	5	1	4	1	4	1	5
Германия	-	4	-	4	-	4	-	4	-	3	-	4
Франция	-	3	-	4	-	4	-	4	-	3	-	3
Нидерланды	-	2	-	3	-	4	-	4	-	3	-	4
Австралия	-	5	-	5	-	4	-	4	-	6	-	6
Канада	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4
Япония	1	4	-	3	-	3	-	4	1	4	-	3
Швеция	-	3	-	3	-	3	-	3	-	3	-	3
Бельгия	-	1	-	1	-	2	-	2	-	2	-	2
Израиль	-	3	-	3	-	2	-	2	-	2	-	1
Дания	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2
Норвегия	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Финляндия	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Россия	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Китай	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Сингапур	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Данные показывают, что на протяжении всего периода исследования абсолютными лидерами рейтинга являются американские вузы, по итогам 2017 года 16 из которых формируют «топ-20» ведущих университетов мира. Несмотря на это, на данном этапе эксперты отмечают уже имеющиеся положительные результаты от реализации государственных проектов, направленных на повышение конкурентоспособности российских вузов, которая, например, подтверждается тем фактом, что в 2017 году двенадцать вузов страны впервые вошли в Шанхайский глобальный рейтинг по предметным областям. В числе вузов – лидеров были: МГУ имени М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Уфимский государственный авиационный технический университет, а также восемь университетов участников Проекта «5-100».

Согласно критериям академического рейтинга университетов в «топ-500» лучших учебных заведений мира входят вузы, результаты деятельности которых соответствуют следующим шести индикаторам [5]:

- число выпускников-лауреатов Нобелевской или Филдсовской премии (10 %);
- число сотрудников-лауреатов Нобелевской или Филдсовской премии (20 %);
- число наиболее часто цитируемых исследователей в различных предметных областях (20 %);
- число статей, опубликованных в журналах Nature и Science (20 %);
- число статей, проиндексированных в Science Citation Index - Expanded и Social Sciences Citation Index (20 %);
- академическая производительность на одного представителя научно-преподавательского состава вуза – результат деления суммы баллов по предыдущим пяти показателям на число эквивалентов полной ставки академического персонала (10 %).

Однако практика показывает, что для большинства российских вузов на данном этапе достижение показателей академического рейтинга по объективным причинам является сложным. Так, например, по первому и второму критерию данного рейтинга оценивается количество выпускников и сотрудников – лауреатов Нобелевской или Филдсовской премии. В то же время за весь период существования Филдсовской премией ее лауреатами стали всего 56 человек, а Нобелевскую премию в области физики, химии, медицины и экономики за период с 1901-2015 гг. получили около 659 человек и организаций. При этом данные о количестве лауреатов в том или

ином вузе при их оценке взвешиваются в зависимости от года получения премии [6].

По мнению авторов, для большинства российских вузов наиболее реальными являются критерии международного рейтинга университетов QS World University Ranking, основывающегося на следующих шести индикаторах [5]:

- академическая репутация (40 %);
- репутация среди работодателей (10 %);
- соотношение количества студентов и научно-преподавательского состава университета (20 %);
- доля иностранцев в научно-преподавательском составе (5 %);
- доля иностранцев в общем числе студентов (5 %);
- число цитирований на одного сотрудника (20 %).

Официальные результаты рейтингования показывают, что в данном рейтинге российские вузы представлены наиболее полно, поскольку его критерии в большей степени сочетаются с традиционной деятельностью университетов. Поэтому для разработки программ повышения конкурентоспособности вузов страны необходимо опираться на достижимые критерии рейтингов и искать новые ниши обеспечения конкурентоспособности на национальном и мировом образовательном пространстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авилова Ж.Н. Система кадрового обеспечения инновационного развития экономики региона // Всероссийский журнал научных публикаций. 2011. С. 49–52.
2. Академический рейтинг университетов мира [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.shanghairanking.com/index.html.
3. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Развитие теоретических концепций исследования инновационной инфраструктуры вузов // Белгородский экономический вестник. 2013. № 3 (71). С. 3–10.
4. Конанчук Д., Волков А. Эпоха «Гринфилда» в образовании // Центр образовательных разработок Московской школы управления СКОЛКОВО (SEDeC). 2013. 47 с.
5. Международные рейтинги университетов. Обзор лето 2016 – весна 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.univerrating.ru/FtpRoot/files/%D0%90%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D0%A0%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B32017%20%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80\(2\).pdf](http://www.univerrating.ru/FtpRoot/files/%D0%90%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D0%A0%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B32017%20%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80(2).pdf).

6. Парфенова Е.Н. Регулирование инвестиционных процессов в регионе: проблемы и перспективы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2014. № 8-1 (179). С. 18–25.

7. Проект повышения конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров «5-100» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://5top100.ru/about/more-about/>.

8. Филимонцева Е.М., Ямбушев Д.Ф. Направления повышения конкурентоспособности российской системы управления сферой об-

разования в условиях модернизации // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2016. № 1. С. 53.

9. Шестопалова А.В. Сравнительный анализ статистики и методологии мировых рейтингов вузов [Электронный ресурс] // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2016. Выпуск №1 (45). Том 9. Режим доступа:

<file:///D:/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8/sravnitelnyy-analiz-statistiki-i-metodologii-mirovyh-reytingov-vuzov.pdf>.

Информация об авторах

Прядко Светлана Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга.

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

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Винник Алина Евгеньевна, старший преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга.

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

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Поступила в ноябре 2017 г.

© Прядко С.Н., Винник А.Е., 2018

S.N. Pryadko, A.E. Vinnik IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF COMPETITIVENESS OF UNIVERSITIES

In the article the necessity of increasing the efficiency of management of competitiveness of national universities to participate in global competition and integration into world educational space. In the study, the analysis of the representation of Russian universities in leading world rankings, which should be the basis for developing strategic programs to improve the competitiveness of universities in the market of educational services.

Keywords: *the market of educational services, trends, competitiveness, universities, rating.*

Information about the authors

Svetlana N. Pryadko, PhD, Assistant professor.

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

Belgorod State National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, 85 Pobeda St.

Alina E. Vinnik, Senior lecturer.

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

Belgorod State National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, 85 Pobeda St.

Received in November 2017

КОНКРЕТИЗАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ ПРИ АДАПТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ ПО ДОБЫЧЕ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ibekrenev@inbox.ru

На сегодняшний день достигнутые темпы роста производства нерудных строительных материалов не достаточны для выполнения национальных программ по строительству. Запланированное увеличение объемов дорожного строительства, развитие рынка первичного жилья достаточно серьезное подспорье для благоприятного развития ситуации на рынке нерудных материалов. В этой связи, выявление, систематизация, классификация и конкретизация ключевых факторов конкурентной среды, сдерживающих устойчивое развитие предприятий по добыче нерудных строительных материалов, является актуальной задачей.

Ключевые слова: нерудные строительные материалы, классификация факторов, устойчивое развитие предприятий, конкретизация ключевых факторов, конкурентная среда.

Введение. В настоящее время эффективность работы любого предприятия, возможности его устойчивого развития зависят от тщательного изучения и оценки среды его функционирования с целью выявления доминирующих факторов и условий, влияющих на его деятельность [1]. В результате проведенного автором исследования выявлено, что на сегодняшний день не выработан единый подход к определению четкого разграничения среды функционирования предприятия и к классификации факторов конкурентной среды [2].

В связи с этим для принятия эффективных управленческих решений в рамках адаптивного механизма устойчивого развития предприятия предлагается использование целевого комплексного подхода, учитывающего исследование важнейших взаимосвязанных и взаимозависимых факторов внешней и внутренней среды с целью выявления доминирующих, в большей степени влияющих на стабильность деятельности предприятия.

Методология. научное обобщение, системный, факторный, ситуационный и статистический анализ.

Основная часть. Нерудные строительные материалы (далее – НСМ) характеризуются широкомасштабным многоцелевым использованием, а рынок нерудных материалов обоснованно считается одним из важных критериев оценки развития страны поскольку рост спроса указывает на активное строительство и, соответственно, серьезные инвестиции в экономику.

В результате проведенного всестороннего анализа среды функционирования горных компаний на рынке НСМ выявлена совокупность факторов, оказывающих влияние на эффективность

их деятельности. Установлено 15 факторов, которые целесообразно сгруппировать в 5 групп: горно-геологическая, транспортно-логистическая, рыночная, производственная и государственно-административная, а также дана характеристика по каждому выявленному фактору (рис. 1, табл. 1).

С учетом разработанной и предложенной классификацией факторов конкурентной среды, учитывающей: факторы, влияющие на возможность осуществления деятельности, на имиджевую составляющую, на изменение баланса "готовой продукции" предприятия, что позволяет сосредоточить внимание на доминирующих факторах, сдерживающих устойчивое развитие предприятия, и своевременно использовать инструменты адаптивного управления, установлено, что ключевую роль для устойчивого развития горных компаний на рынке НСМ на сегодняшний день играют фактор транспортной удаленности месторождений от основных рынков сбыта и фактор сезонности (рис. 2) [2].

Продукция предприятий по добыче НСМ является логистически зависимой, поэтому география ее поставок определяется в соответствии с расстоянием перевозки, ценами на авто- и железнодорожный транспорт и стоимостью топлива, что в конечном счете определяет коммерческую эффективность поставок и конкурентоспособность продукции.

Что касается фактора сезонности, то колебания объемов спроса между сезонами может достигать 1,5–2 раза. Это обусловлено снижением объемов строительных работ в зимний период, а также технологическими ограничениями по проведению дорожных работ, связанными с темпе-

ратурным режимом. Данная особенность вынуждает горные компании по добыче НСМ в период спада спроса создавать большие складские запасы готовой продукции для того, чтобы иметь возможность удовлетворить растущий спрос в

пиковые сезоны. Увеличение складских запасов, требует отвлечение из оборота дополнительных финансовых ресурсов, т.е. происходит «замораживание» оборотных средств в запасах готовой продукции.



Рис. 1. Группировка факторов, влияющих на эффективность деятельности предприятий по добыче НСМ

Таблица 1

Характеристика факторов, влияющих на эффективность деятельности предприятий по добыче нерудных строительных материалов

Фактор	Характеристика фактора
<i>Горно-геологическая группа факторов</i>	
Горно-геологические характеристики месторождения	Количество запасов полезного ископаемого (далее – ПИ), его качества, глубины залегания, мощности пластов, условия залегания и другие горно-геологических особенностей месторождения оказывают огромное влияние на результаты производственно-хозяйственной деятельности горного предприятия. Результатом этого является различная себестоимость добычи одного и того же ПИ, при применении относительно схожей технологии добычи. На карьерах диапазон этих колебаний достигает десятикратной величины [3].
Содержание гравия и валунов в полезной толще	Рентабельность добычи карьерного песка, невысока всего 5–6 %, но на карьерах одновременно с песком добывается и щебень, который стоит значительно дороже. Именно щебень обеспечивает большую часть прибыли предприятию. В этой связи, одним из ключевых показателей, при обосновании экономической эффективности разработки месторождения НСМ, является средневзвешенное содержание гравийно-валунного материала в полезной толще. 55 % всего рынка НСМ занимает щебень.
Природоохранные и горнотехнические условия	До 30 % учитываемых запасов НСМ категории А+В+С1, нераспределенного фонда недр не могут разрабатываться по природоохранным обстоятельствам, горнотехническим и другим условиям. [4]
Медленное развитие и воспроизводство минерально-сырьевой базы	На территории Российской Федерации практически не реализуются скоординированные среднесрочные и долгосрочные программы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы (далее – МСБ) общераспространенных ПИ (в их перечень входят НСМ). Сейчас недропользователями отрабатываются в основном месторождения НСМ, разведанные в период «золотого века» отечественной геологии. В настоящее время наблюдается затянувшийся кризис геологической науки, отставание уровня восполнения МСБ от уровня добычи ПИ или ее наполнение низкокачественными запасами. Ситуация усугубляется многолетним недофинансированием геологоразведочных работ, что постоянно увеличивает разрыв между показателями внутреннего и внешнего потребления, с одной стороны, и производством минерального сырья – с другой [4].

Фактор	Характеристика фактора
<i>Транспортно-логистическая группа факторов</i>	
Удаленность месторождений НСМ от основных рынков сбыта	Значительную долю в цене на НСМ составляют транспортные издержки. Например, в структуре цены тонны щебня, железнодорожный тариф достигает до 46 %, а в цене тонны песка размер, транспортных затрат (погрузка, перевозка, выгрузка) составляет 90 %. В результате влияния данного фактора существенно сужается география поставок и рынок сбыта, затрудняется доступ новых хозяйствующих субъектов. Отличительной особенностью отрасли является тот факт, что издержки по доставке конечному потребителю во много превышают стоимость самого ПИ.
Ограниченность пропускной способности существующей транспортной инфраструктуры	Наличие неразвитой транспортной инфраструктуры региона, как железнодорожной так и автомобильной, существенно влияет на формирование цены и тормозит устойчивое развитие горных компаний на рынке НСМ. Нехватка специализированного подвижного состава, его физический и моральный износ, в пик строительного сезона, вызывает дополнительную перегрузку основных каналов доставки НСМ.
<i>Рыночная группа факторов</i>	
Сезонный характер спроса	Фактор сезонности спроса на НСМ оказывает значительное воздействие на развитие горных предприятий и вносит серьезные коррективы в планирование их деятельности. Это обусловлено тем, что основной объем потребления щебня и песка приходится на летний (строительный) сезон, что влечет за собой повышение цен на НСМ и грузоперевозки. В зимний период наблюдается снижение объемов строительных работ и дорожного строительства из-за технологических ограничений, связанных с температурным режимом. Кроме того, время проведения основных работ по реконструкции и модернизации транспортной инфраструктуры совпадает с пиком спроса на НСМ, и приходится на летний (строительный) сезон, что в свою очередь усложняет процесс транспортировки и доставки продукции конечному потребителю.
Вторичный характер спроса	Спрос на НСМ имеет вторичный характер, он находится в прямой зависимости от объема инвестиций в строительство жилых и промышленных зданий, в реконструкцию и постройку автомобильных и железных дорог, в развитие инфраструктуры городов и населенных пунктов. Для исключения возможности образования дефицита, рост добычи НСМ по сравнению с ростом объемов капитального строительства должен иметь опережающий характер (коэффициент опережения должен быть не менее 1,3–1,4).
Ориентированность рынка	Рынок НСМ ориентирован на крупные строительные компании. На розничные каналы приходится только 5–6 % от общего объема потребления, средний опт – 12–15 %, а на крупные компании – 80–83 %.
<i>Производственная группа факторов</i>	
Отставание технического уровня от мирового	По всей стране технический уровень оборудования нерудной отрасли весьма существенно отстает от мирового, низка степень автоматизации производственных процессов, ощущается нехватка прогрессивного оборудования. Также высок уровень физического износа основных производственных фондов на предприятиях отрасли. Кроме того, срок службы карьера по добыче НСМ зависит от срока выработки кондиционных запасов месторождения. Как правило, этот срок (30–60 лет) существенно больше срока физического и морального износа основных производственных фондов предприятия. Как следствие этого – необходимость использования специальных методов погашения износа производственных фондов. [3]
Использование импортной техники и оборудования	В промышленности НСМ зачастую используется импортное технологическое оборудование и запасные части, аналоги которых не производятся на территории Российской Федерации. Кроме того использование импортного оборудования влечет за собой возникновение дополнительных издержек на его квалифицированное сервисное обслуживание. Волатильность национальной и иностранных валют, увеличение таможенных пошлин и санкционное давление сдерживают устойчивое развитие горных компаний на рынке НСМ.
Необходимость в освоении новых сегментов рынка	На данный момент наблюдается активное развитие рынка по производству сухих строительных смесей. Эту нишу вполне могут занять предприятия по добыче НСМ, но для этого необходимо модернизация существующего и закупка совершенно нового оборудования. Кроме того на рынке все большим и большим спросом пользуются песок и щебень узких фракций, для производства которых так же требуется новое и современное оборудование. Высокий уровень физического и морального износа основных производственных фондов карьеров тормозит экономическое развитие всего региона и создает дефицит на рынке НСМ. Данные факты говорят о том, что отрасль нуждается в значительной модернизации и в крупных инвестиционных вложениях.

Фактор	Характеристика фактора
<i>Государственно-административная группа факторов</i>	
Лицензирование	Согласно статьи 11 закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 «О недрах», для осуществления деятельности по разведке и добыче ПИ необходима соответствующая лицензия. Данная лицензия выдается Федеральным агентством по вопросам недропользования – РОСНЕДРА [5].
Длительные сроки получения разрешительной документации	В настоящее время, довольно сложно получить разрешительную документацию на проведение горных работ и подключение предприятия к системам центрального водо-, тепло- и энергоснабжения, что влечет за собой дополнительные издержки, снижение инвестиционной привлекательности проектов отрасли, увеличивает инвестиционный цикл и сроки ввода в эксплуатацию новых предприятий и модернизации старых. Именно эта проблема привела к тому, что в ряде регионов действует огромное количество мелких карьеров, на которых добыча ведется без оформления соответствующей лицензии. Таким образом, рынок карьерного песка и щебня представляет собой очередной пример того, как бюрократические процедуры сдерживают естественную эволюцию рынка [4].
Нормативное регулирование грузоперевозок	На данный момент наблюдается ужесточение законодательства регламентирующее коммерческие перевозки грузов по автомобильным дорогам общественного пользования, и усиление контроля за соблюдением этих норм. На региональных и федеральных автомобильных трассах Российской Федерации действуют нормативные ограничения, которые устанавливают максимальную нагрузку на ось автомобиля перевозящего груз. В случае нарушения данных правил, предусмотрены достаточно серьезные штрафы за перегруз, они налагаются как на транспортную компанию перевозящую НСМ, так и на карьер, который отгрузил в автомобиль больше положенной нормы. В ряде случаев соблюдение данных правил, делает бизнес по добыче и перевозке НСМ нерентабельным. Кроме того, созданная система взимание платы «Платон» с транспортных средств, имеющих разрешенную максимальную массу свыше 12 тонн, для возмещения вреда причиненного автомобильным дорогам общественного пользования федерального значения дополнительно увеличивает издержки на грузоперевозки в стране.

Источник: составлено автором

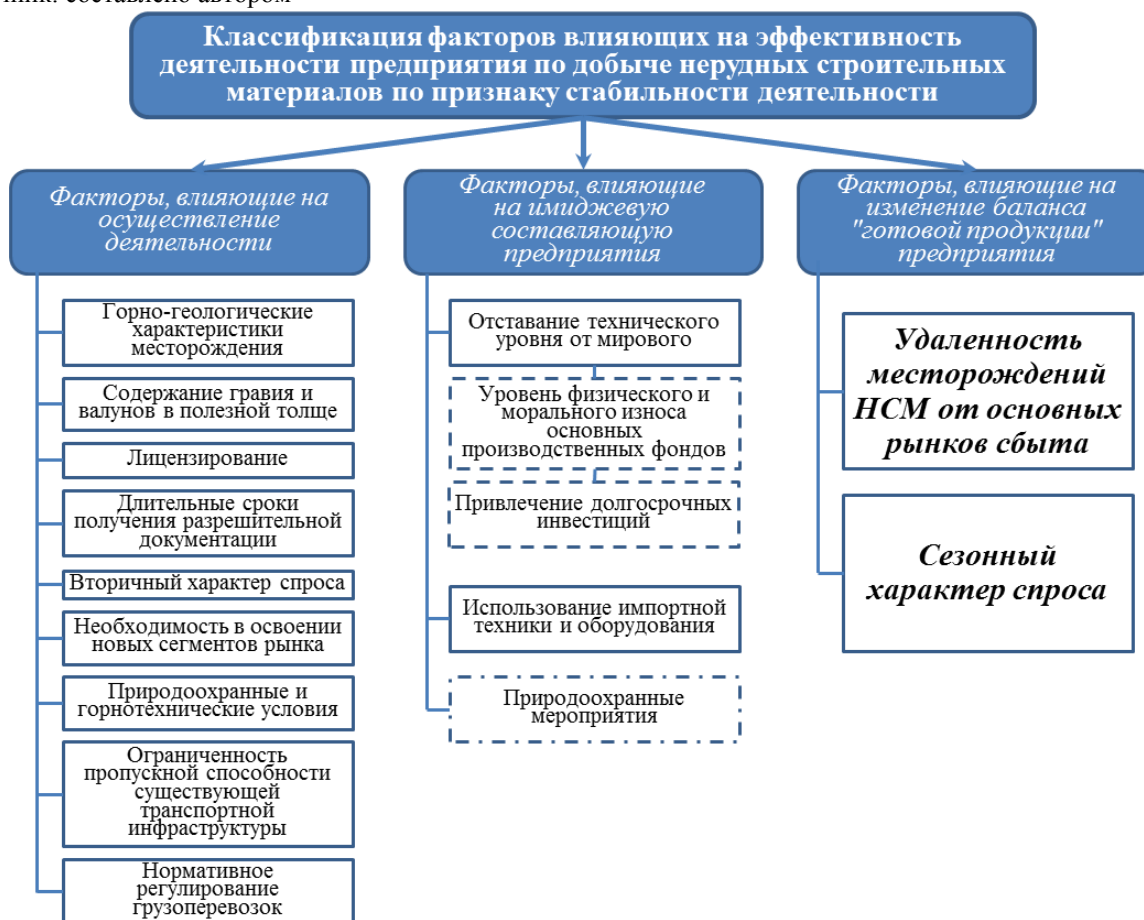


Рис. 2. Конкретизация ключевых факторов, влияющих на эффективность деятельности предприятий по добыче нерудных строительных материалов

Продукция предприятий по добыче НСМ является логистически зависимой, поэтому география ее поставок определяется в соответствии с расстоянием перевозки, ценами на авто- и железнодорожный транспорт и стоимостью топлива, что в конечном счете определяет коммерческую эффективность поставок и конкурентоспособность продукции.

Что касается фактора сезонности, то колебания объемов спроса между сезонами может достигать 1,5 – 2 раза. Это обусловлено снижением объемов строительных работ в зимний период, а также технологическими ограничениями по проведению дорожных работ, связанными с температурным режимом. Данная особенность вынуждает горные компании по добыче НСМ в период спада спроса создавать большие складские запасы готовой продукции для того, чтобы иметь возможность удовлетворить растущий спрос в пиковые сезоны. Увеличение складских запасов, требует отвлечение из оборота дополнительных финансовых ресурсов, т.е. происходит «замораживание» оборотных средств в запасах готовой продукции.

Кроме того, стоит отметить тот факт, что фактор транспортной удаленности месторождений от основных рынков сбыта и фактор сезонности находятся в прямой зависимости друг от друга. В пик строительного (летнего) сезона происходит естественный рост цен на НСМ, и в тоже время происходит рост транспортных издержек в связи с повышенным спросом на грузоперевозки и перегрузкой основных транспортных-логистических узлов. Ситуация еще усугубляется тем, что в летний сезон проводятся основные дорожно-строительные работы, тем самым сужая пропускную способность дорожной сети в сезоны повышенного спроса на НСМ, что в свою очередь порождает дополнительные издержки.

Выводы. Проведенное исследование среды функционирования предприятий НСМ позволило выявить совокупность факторов, оказывающих влияние на их деятельность, а также конкретизировать ключевые (доминирующие) факторы, сдерживающие устойчивое развитие предприятий, в их числе: фактор транспортной удаленности месторождений от основных рынков сбыта и фактор сезонности. Разработка мероприятий по минимизации отрицательного их воздействия на эффективность деятельности предприятий НСМ

будет способствовать устойчивому их развитию в условиях неопределенности внешней среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бекренев И.В., Лозовская Я.Н. Методические аспекты формирования адаптивного механизма устойчивого развития предприятия на основе целевого комплексного подхода // Вестник Российского университета дружбы народов. Секция: Экономика. 2017. Т. 25. № 2. С. 233–241.
2. Бекренев И.В., Новиков А.С. Ретроспективный анализ и классификация факторов конкурентной среды при адаптивном управлении предприятием // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №11. С. 256–259.
3. Астахов А.С., Гольдман Е.Л. Экономика для геологов и горняков: Уч. пос. для вузов. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2007. С. 124–133.
4. Бекренев И.В. Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ. №6. 2013. С. 340–348.
5. Закон Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1 (ред. от 30.09.2017) «О недрах». Статья 11. [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343 (дата обращения: 19.12.2017).
6. Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ (ред. от 05.12.2017) «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_72386 (дата обращения: 19.12.2017).
7. Статья 12.21. Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях (ред. от 31.12.2017) [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661 (дата обращения: 19.12.2017).
8. Данные Федеральной службы государственной статистики (интерактивная витрина) [Электронный ресурс]. <http://cbsd.gks.ru> (дата обращения: 19.12.2017).

Информация об авторах

Бекренев Игорь Владимирович, старший преподаватель кафедры государственного и муниципального управления в промышленных регионах.

E-mail: ibekrenev@inbox.ru

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Россия, 119049, Москва, Ленинский пр., д. 4.

Поступила в декабре 2017 г.

© Бекренев И.В., 2018

I.V. Bekrenev

**SPECIFICATION OF KEY FACTORS OF THE COMPETITIVE ENVIRONMENT
AT ADAPTIVE BUSINESS MANAGEMENT ON EXTRACTION OF NON-METALLIC
CONSTRUCTION MATERIALS**

Today the reached growth rates of production of non-metallic construction materials aren't sufficient for implementation of national programs for construction. The planned increase in volumes of road construction, development of the market of primary housing rather serious help for favourable development of the situation in the market of non-metallic materials. In this regard, identification, systematization, classification and a specification of the key factors of the competitive environment constraining sustainable development of the enterprises for extraction of non-metallic construction materials is a relevant task.

Keywords: *non-metallic construction materials, classification of factors, sustainable development of the enterprises, specification of key factors, competitive environment.*

Information about the authors

Igor V. Bekrenev, Senior lecturer.

E-mail: ibekrenev@inbox.ru.

National University of Science and Technology «MISiS».

Russia, 308012, Moscow, Leninskij Avenue, 4.

Received in December 2017

Научное издание

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 1, 2018 г.

Научно-теоретический журнал

Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
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 11.11.17. Подписано в печать 16.01.18. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 14,76. Уч.-изд. л. 15,88.

Тираж 1000 экз. Заказ 1. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 724/4 Гк.

Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».

Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

