

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

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

№ 3, 2017 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

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

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

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

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

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

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

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

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

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

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

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

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

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

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Логанина В.И., Фролов М.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЬНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МИКРОСФЕР В ИЗВЕСТКОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ГАЗОБЕТОНА 6

Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Золотых С.В., Канева Е.В.

МИКРОСТРУКТУРА ПРОДУКТОВ ГИДРАТАЦИИ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ 9

Дребезгова М.Ю.

К ВОПРОСУ КИНЕТИКИ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГИДРАТАЦИИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ (ЧАСТЬ 1) 19

Цыба О.О., Дьячков В.В., Саврасов И.П., Панченко А.И.

О НОВОМ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТАНДАРТЕ ГОСТ 34028-2016 «ПРОКАТ АРМАТУРНЫЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ» 23

Дронов А.В.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 32

Белый А.А.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА 37

Фролов Н.В., Полоз М.А., Ноурузи М.Ш.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В АРМОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ 45

Лебедев В.М., Беликова Г.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЯ С УЧЕТОМ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ 51

Антохин П.И., Дьяконов И.Т.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА И ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕХНИКИ В ХОДЕ ВЫДЕРЖИВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 57

Крюков И.В.

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ С УКРЫТИЕМ, ОБОРУДОВАННОЙ БАЙПАСНОЙ КАМЕРОЙ И ПЕРФОРИРОВАННЫМ ЖЕЛОБОМ 66

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Жерновая Н.Ф., Скурятин Е.Ю., Онищук В.И., Затаковская Р.А.

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ КОЛЕМАНИТА КАК СТЕКОЛЬНОГО СЫРЬЯ 70

Андронов С.Ю., Задирака А.А.

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ И ДЛИНЫ НАРЕЗКИ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПОЗИЦИОННОЙ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ 76

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ РОТОРНЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ 80

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С.

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ШНЕКОВОГО ПИТАТЕЛЯ ДЛЯ ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА В КАМЕРУ ПОМОЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА 85

Герасимов М.Д., Воробьев Н.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА С НАПРАВЛЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ КАЖДОЙ СТУПЕНИ 88

Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ	94
Кудеников Е.Ю., Бойко А.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ	103
Дуганов В.Я., Сумской А.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА КОЛЬЦА ПРИ БЕСЦЕНТРОВОЙ ОБРАБОТКЕ	107
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЧАСТИЦ ИСТИРАНИЕМ В ЗОНЕ УСТАНОВКИ БРОНЕПЛИТ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕЗИНТЕГРАТОРА	115
Федоренко Б.З. УПРУГИЕ ОТРАЖЕНИЯ И РАССЕЯНИЕ БОМБАРДИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛА	118

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЗАТРАВЛЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО САПФИРА ПО МЕТОДУ КИРОПУЛОСА	128
Щербинина О.А., Щербинин И.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И ТЕП ЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ «ВЗЛЕТ ТСРВ-026М» НА ПРИМЕРЕ «ОВОЩЕХРАНИЛИЩА, УПМ И ФОК-2» ФГБОУ ВО БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА	134
Чернышева Е.В., Черноситова Е.С., Серых И.Р., Воронцова В.В., Чернышева А.С. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА	139
Пестерев П.В. АНАЛИЗ НОВОВВЕДЕНИЙ В АЛГОРИТМАХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ YANDEX И GOOGLE	145

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Карамышев А.Н., Казаева М.С., Абросимова Е.В., Федоров Д.Ф. АНАЛИЗ ПРОЦЕССНОЙ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО»	148
Чижова Е.Н., Веснина О.О. СТАНОВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПУТЕМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	151
Тупикина О.Н. ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ МАЛОЭТАЖНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ ПОД СОЦИАЛЬНОЕ ЖИЛЬЁ	156
Фадеева Н.С., Выгонный В.В. ПРИБЫЛЬ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ	164
Сулейманова А.В. ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ	170
Демененко И.А., Шавырина И.В. КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТЬ В КОМПАНИЯХ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ	176
Абакумов Р. Г., Оберемок М. И. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ	182

В МЕТОДЕ СРАВНЕНИЯ ПРОДАЖ ПРИ КОРРЕКТИРОВКАХ ЦЕН АНАЛОГОВ

Щетинина Е.Д., Щетинина Е.А.МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ПОЛИТИКИ
В НОВЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

192

Герасименко О.А., Авилова Ж.Н.КОНЦЕССИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО
ПАРТНЕРСТВА В РЕГИОНЕ

200

Брянцева Т.А., Шевченко М.В.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОНЛАЙН-КАСС

206

Хуссейн С., Али Ф., Хуссейн З., Рехман Н., Зуев С.В., Бендерская О.Б.ЭВОЛЮЦИЯ ФУНКЦИИ ЦЕНЫ АМЕРИКАНСКОГО ОПЦИОНА НА АКЦИИ
С ВЫПЛАТОЙ ДИВИДЕНДОВ В МОДЕЛИ ДИФфуЗИИ СО СКАЧКАМИ

212

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/24623

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

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЬНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МИКРОСФЕР В ИЗВЕСТКОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ ОТДЕЛКИ

loganin@mail.ru

Рассмотрено применение зольных микросфер в известковых сухих строительных смесях, предназначенных для отделки газобетона. Показано, что покрытия на основе сухих смесей с зольными микросферами характеризуются достаточной прочностью, низкой теплопроводностью, высокой паропроницаемостью, стойкостью к действию косых дождей.

Ключевые слова: известь, зольные микросферы алюмосиликатные, сухие строительные смеси, гидросиликаты кальция, алюмосиликаты кальция.

Введение. На основе проведенных ранее исследований нами предложена рецептура сухой строительной смеси (ССС), предназначенной для отделки газобетона. СССР содержит известь-пушонку, модифицирующую добавку на основе смеси силикатов кальция, белый цемент, молотые отходы производства газобетона, пластифицирующую добавку, релаксационный порошок, гидрофобизатор, зольные микросферы алюмосиликатные [1, 2]. В результате введения в состав модифицирующей добавки на основе смеси гидросиликатов и алюмосиликатов кальция повышаются эксплуатационные свойства отделочного покрытия [3]. Для повышения прочности структуры покрытия с подложкой в

состав предложено вводить молотые отходы производства газобетона [4]. Для снижения плотности, теплопроводности и повышения водостойкости отделочных покрытий предложено использовать в качестве наполнителя зольные алюмосиликатные микросферы [5, 6].

Основная часть. Применяемые в работе зольные микросферы алюмосиликатные представляют собой серый порошок насыпной плотностью 400 кг/м^3 , состоящий из полых тонкостенных шариков, диаметром до 400 мкм , обладающими сплошными непористыми стенками, толщиной от 2 до 10 мкм (рис. 1).

Оксидный состав зольных алюмосиликатных микросфер представлен в табл. 1.

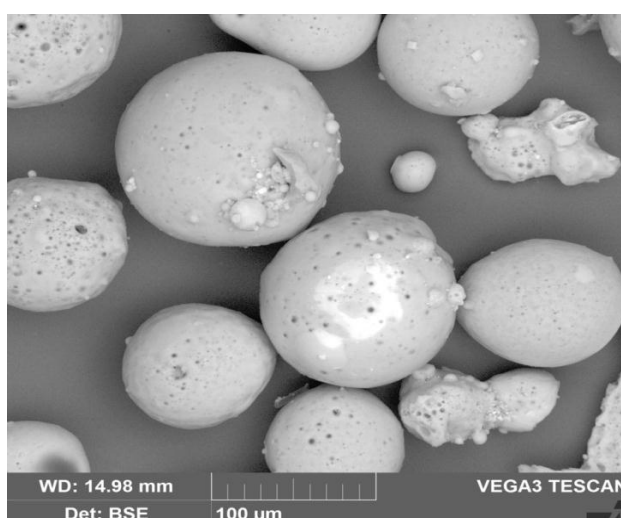


Рис. 1. Электронно-микроскопический снимок зольных микросфер алюмосиликатных

Таблица 1

Содержание оксидов, присутствующих в микросферах алюмосиликатных

Наименование оксидов	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
----------------------	------------------	-------------------	------------------	-----	-----	--------------------------------	--------------------------------

Содержание оксидов, %	50,0–60,0	0,3–1,5	0,2–2,9	0,1–1,5	0,1–1,5	1,5–2,5	25,0–35,0
-----------------------	-----------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------

Для оценки влияния зольных микросфер алюмосиликатных на свойства разрабатываемого отделочного покрытия изготавливались образцы размером 20×20×20 мм. Зольные микросферы алюмосиликатные брались в количестве 40 % от массы извести. Образцы твердели при температуре 18–20 °С и относительной влажно-

сти 50–60 %. После 28 суток твердения определялись прочность при сжатии, плотность, коэффициент размягчения, водопоглощение по массе. Исследовалась структура порового пространства полученных образцов покрытия. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства растворяемых композитов

Характеристика	Наполнитель	
	Без наполнителя	Зольные микросферы алюмосиликатные
Средняя плотность, кг/м ³	1030	820
Прочность при сжатии, МПа	4,90	4,37
Коэффициент размягчения	0,72	0,77
Водопоглощение по массе, %	41,1	37,2
Пористость, %:		
- общая	60,8	66,4
- открытая	40,7	31,8
- закрытая	20,1	34,6

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют, что композиты, наполненные зольными микросферами алюмосиликатными, характеризуются меньшей прочностью и плотностью по сравнению с контрольными образцами. Рост общей пористости при использовании зольных микросфер алюмосиликатных происходит за счет увеличения закрытой пористости из-за поллой структуры данного наполнителя. При этом открытая пористость уменьшается, благодаря чему улучшается водостойкость покрытия.

Оценивалась способность разрабатываемого покрытия обеспечивать защиту стены от проникновения влаги в результате действия косых дождей [7]. Для этого определялось водопоглощение при капиллярном подсосе $W_{кп}$, диффузия пара – эквивалентной толщиной слоя воздуха s_d , м и произведение этих двух значений $W_{кп} \cdot s_d$. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства, характеризующие способность покрытия противостоять воздействию косых дождей

Характеристика	Нормативные требования*	Полученные значения
Водопоглощение при капиллярном подсосе $W_{кп}$, кг/(м ² · ч ^{0,5})	Не более 0,5	0,376
Эквивалентный воздушный промежуток s_d , м	Не более 2,0	0,081
$W_{кп} \cdot s_d$, кг/(м · ч ^{0,5})	Не более 2,0	0,031

Примечание. * по DIN 4108-3-2014

Разрабатываемое покрытие способно противостоять воздействию косых дождей, т.к. полученные экспериментальные показатели не превышают нормативные требования.

Выводы. При использовании предлагаемой сухой строительной смеси получены покрытия, характеризующиеся низкой теплопроводностью $\lambda=0,170–0,175$ Вт/м·К, высокой паропроницаемостью $\mu=0,150–0,155$ мг/м·ч·Па. Разрабатываемую сухую строительную смесь, наполненную зольными микросферами алюмосиликатными, можно рекомендовать для применения при отделке газобетонных блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логанина В.И., Фролов М.В., Рябов М.А. Теплоизоляционные известковые сухие строительные смеси для отделки стен из газобетона// Вестник МГСУ. 2016. №5. С. 82–92.
2. Логанина В.И., Фролов М.В. Эффективность применения теплоизоляционной штукатурки с применением микросфер для отделки газобетонной ограждающей конструкции// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. №5. С. 55–62.

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

4. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л.. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. №3. Часть 2. С. 267–271.

5. Кретьева У.Е. Инновационный наполнитель для цементных систем - керамические микросферы // Вестник МГСУ. 2010. №4. С. 37–39.

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

7. DIN 4108-3-2014. Теплоизоляция и экономия энергии в зданиях. Часть 3. Защита от проникновения влаги, обусловленная климатическими условиями, требования, методы расчета и указания к проектированию и исполнению. Немецкое издание. 2014. 77 с.

Loganina V.I., Frolov M.V.

THE USE OF FLY ASH ALUMINOSILICATE MICROSPHERES IN THE LIME DRY MIXES FOR FINISHING AERATED CONCRETE

The application of ash microspheres in lime dry construction mixtures, designed for finishing aerated. It is shown that on the basis of dry ash mixtures with microspheres characterized by coating a sufficient strength, low thermal conductivity, high water vapor permeability, resistance to the action of the slanting rain.

Key words: lime, ash silica microspheres, dry mixes, hydrosilicates calcium, calcium aluminum silicates.

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства».

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес: Россия, 440028, Пенза, улица Г. Титова, 28.

E-mail: loganin@mail.ru.

Фролов Михаил Владимирович, аспирант.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес: Россия, 440028, Пенза, улица Г. Титова, 28.

E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Сумской Д.А., аспирант,
Золотых С.В., аспирант,
Канева Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МИКРОСТРУКТУРА ПРОДУКТОВ ГИДРАТАЦИИ ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В ВИХРЕВОЙ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

LHZ47@mail.ru

Методом электронной микроскопии исследованы микроструктуры цементных камней, полученных из активизированного портландцемента и вяжущих композиций в вихревой струйной мельнице. Установлено, что открытые поры цементно-вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, всегда заполнены новообразованиями, находящимися на различных стадиях коллективного роста. Микроструктура вяжущих композиций имеет плотную структуру за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, механохимической активации сырьевой смеси, позволяющих получать композиты с заданными свойствами.

Ключевые слова: продукты гидратации, микроструктура, электронная микроскопия, вихревая струйная мельница, вяжущие композиции, физико-механические показатели.

Введение. Гидратация цемента, а тем более вяжущих композиций, включает целый ряд сложных химических, физико-химических и физических процессов, обуславливающих схватывание и твердение цементных вяжущих. Образующиеся в процессе гидратации цементных минералов кристаллогидраты имеют очень малую величину, часто менее 1 мкм. Кроме того, они являются неустойчивыми соединениями, и в зависимости от внешних условий (температуры, влажности воздуха, давления и т.д.) могут давать соединения разного состава, а также образуют между собой, с выделяющимся в процессе твердения гидроксидом кальция, твердые растворы. Все сложные физико-химические процессы, протекающие при гидратации вяжущих композиций, мы рассматриваем при сравнении их различных вещественных составов и при разной подготовке этих составов, за счет многообразия процессов в вихревой струйной мельнице. В качестве «нулевых составов» использовали портландцемент, с различными проходами через вихревую струйную мельницу.

Вяжущие композиции получали в вихревой струйной мельнице ВСМ-01. В качестве сырьевых материалов использованы: портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003) ЗАО «Белгородский цемент» (ПЦ) и отходы производства перлитового песка (ПП).

Методология. Изучение микроструктуры образцов гидратированных цемента и гидратированных вяжущих композиций в возрасте 28 суток проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU. Физико-механические свойства

вяжущих композиций определяли в соответствии с нормативными требованиями.

Основная часть. Результаты научных исследований и их практическая апробация показывают высокую эффективность применения композиционных вяжущих, приготовленных методом механохимической активации в регламентированных условиях, на основе портландцемента, минеральных добавок различного генезиса и химических модификаторов, для рационального использования цемента в бетоне и для получения высококачественных строительных материалов различного назначения [1–13].

Для получения композиционных вяжущих различного функционального назначения в качестве минеральных добавок используют различные природные материалы и техногенные продукты: золы, шлаки, шламы, хвосты мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, техногенные пески и т.д. [14–24].

В наших исследованиях, на первом этапе получали вяжущие композиции в вихревой струйной мельнице на основе портландцемента (табл. 1, составы 1–4) и отходов перлитового производства при следующих соотношениях компонентов (табл.1, составы 5–16) и при пропуске композиций через мельницу от одного до трех раз. На следующем этапе исследований предусматривается получение композиционных вяжущих специального назначения путем модификации вяжущих композиций. В соответствии с требованиями ГОСТ 310.3-76 определили нормальную густоту и сроки схватывания (рис. 1) полученных составов вяжущих композиций (табл.1, составы 1–16).

Таблица 1

**Составы портландцемента и вяжущих композиций, активированных
в вихревой струйной мельнице**

Номера составов, соотношение компонентов, количество проходов через мельницу							
1	ПЦ0	5	КВ1.0 ПЦ/ПП=95/5%	9	КВ2.0 ПЦ/ПП=92,5/7,5%	13	КВ3.0 ПЦ/ПП=90/10%
2	ПЦ1 1 проход	6	КВ1.1 ПЦ/ПП=95/5% 1 проход	10	КВ2.1 ПЦ/ПП=92,5/7,5% 1 проход	14	КВ3.1 ПЦ/ПП=90/10% 1 проход
3	ПЦ2 2 проход	7	КВ1.2 ПЦ/ПП=95/5% 2 проход	11	КВ2.2 ПЦ/ПП=92,5/7,5% 2 проход	15	КВ3.2 ПЦ/ПП=90/10% 2 проход
4	ПЦ3 3 проход	8	КВ1.3 ПЦ/ПП=95/5% 3 проход	12	КВ2.3 ПЦ/ПП=92,5/7,5% 3 проход	16	КВ3.3 ПЦ/ПП=90/10% 3 проход

Установлено, что сроки схватывания образцов портландцементов, активизированных в вихревой струйной мельнице от 1 до 3-х проходов, сокращаются: начало схватывания снижается на 28–57 %, а конец схватывания от 27 до 30 %. Полученные результаты согласуются с существующими теоретическими положениями. С увеличением содержания перлитовой составляющей в вяжущих композициях, не активизированных в мельнице, начало сроков схватывания, в сравнении с бездобавочным цементом, с содержанием перлита до 5 %, увеличивается на 51 %, а при увеличении содержания перлита в композициях до 7,5 % и 10 % начало схватывания сокращается от 18 % до 46 %, а конец схватывания этих композиций возрастает от 39 % до 60 %. Вяжущие композиции, с различным содержанием перлитовой составляющей, с

увеличением количества проходов через мельницу характеризуются ускоренным началом схватывания, что свидетельствует об активизации процессов гидратации в системах. Следует отметить, что наиболее ранними сроками начала схватывания характеризуются составы с содержанием перлитовой составляющей 10 %, что превосходит начало схватывания бездобавочного цемента в 5–8 раз, что характеризует высокую гидравлическую активность синтезированных композиций. Анализ полученных результатов по срокам схватывания вяжущих композиций указывает на исключительно сложные взаимодействия в рассматриваемых системах, которые, безусловно, отразятся на процессах формирования микроструктуры и конечных физико-механических свойствах композита.

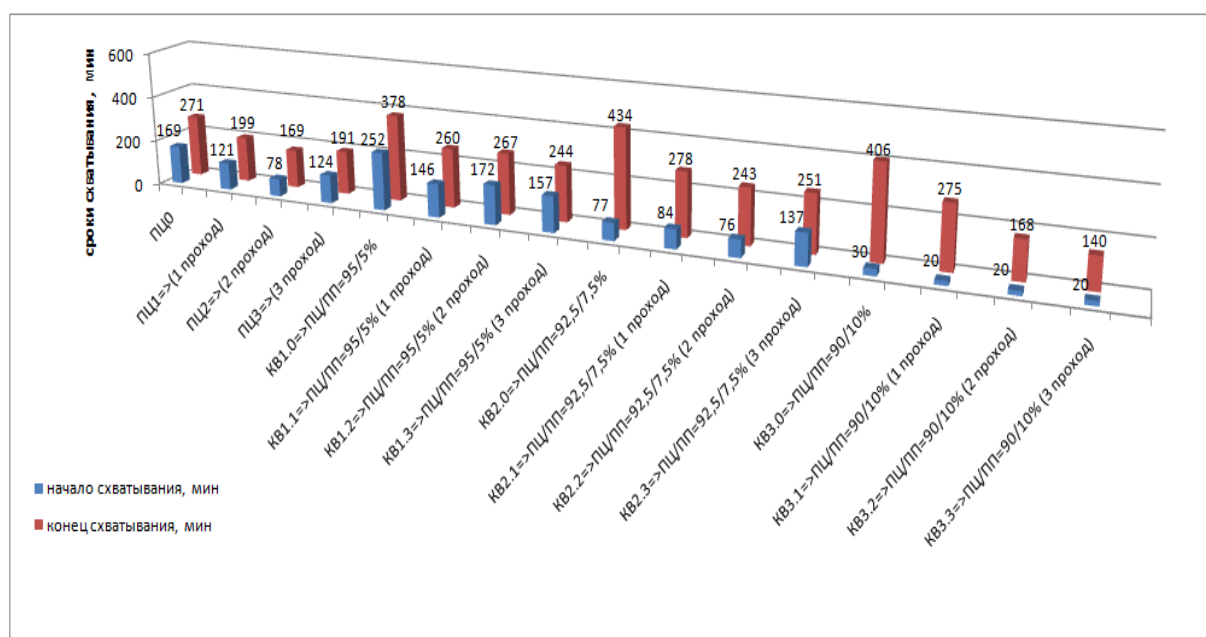


Рис. 1. Сроки схватывания портландцемента и вяжущих композиций, активизированных в вихревой струйной мельнице

Результаты физико-механических показателей отформованных образцов из портландцемента и вяжущих композиций, после хранения в нормальных условиях, в возрасте 3 и 28 суток свидетельствуют о стабильном нарастании прочности. Однако, если в обычном (не активированном) портландцементе прирост прочности образцов с 3-х суточного твердения к 28 суточному возрасту составляет до 8 %, то прирост прочности в гидратированных вяжущих композициях имеет свои особенности. Почти все вяжущие композиции (составы 5, 9–16) имеют пониженные показатели прочности при сжатии в возрасте 3-х суток, однако к 28 суточному возрасту прочность составов № 6, 8, 11,

14, 15, 16 достигают показателей, приближающихся, а некоторых и превосходящих прочность не активированного цемента. Установлено, что из всех полученных составов вяжущих композиций наиболее эффективными являются составы № 6, 8 и 15, прочность которых составляет соответственно 52,0 МПа, 53,3 МПа, что превышает прочность исходных товарных цементов на 20–23 %.

Таким образом, особенности вещественного состава вяжущих композиций, а также их активирование в вихревой струйной мельнице, благоприятно сказывается на увеличении предела прочности при сжатии, повышая этот показатель до 23 %.

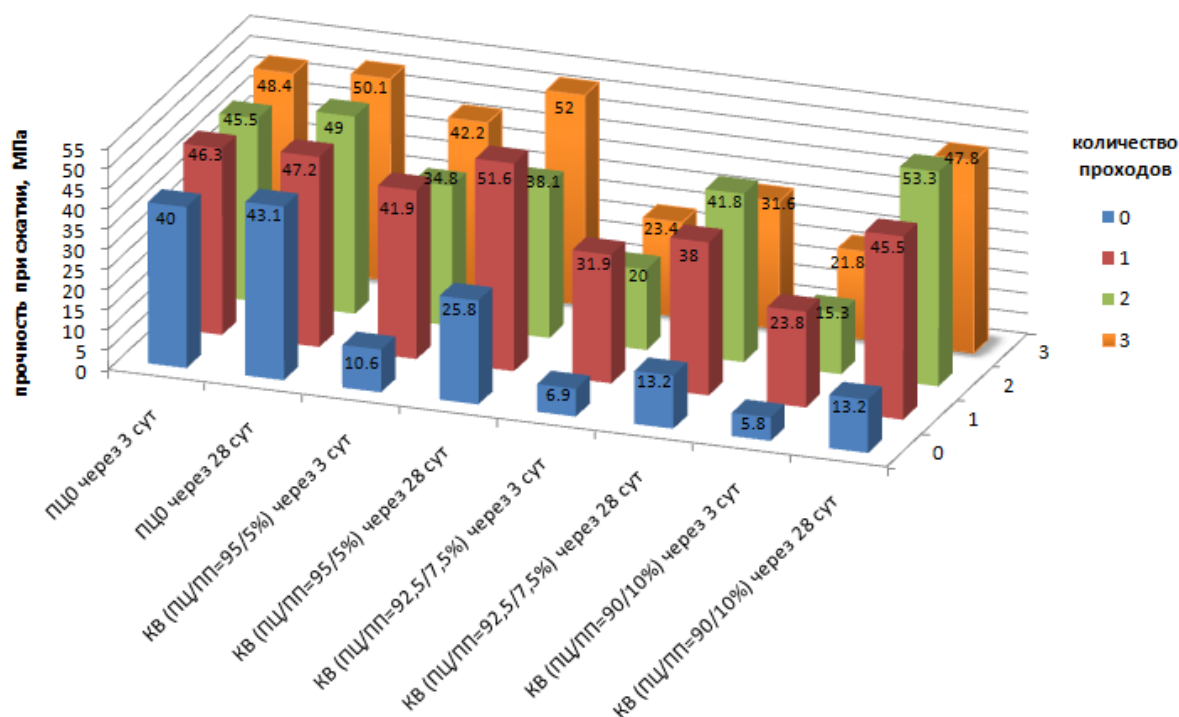


Рис. 2. Сравнительные физико-механические показатели портландцемента и вяжущих композиций, активизированных в вихревой струйной мельнице в возрасте 3 и 28 суток

Изучение микроструктуры образцов гидратированных портландцементов (составы 1–4) и гидратированных вяжущих композиций (составы 5–16) в возрасте 3 и 28 суток проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU.

На электронных микрофотографиях, полученных на сканирующем микроскопе с поверхности сколов, исследуемых цементных камней в возрасте 28 суток показаны по два изображения наиболее типичных участков при разных увеличениях (рис. 3–8). Микроструктуры образцов исследуемых гидратированных портландцементов (составов 1–4) приведены на рис. 3–6. Известно, что гидратация цементного порошка протекает по его поверхности, т.е. подчиняется

правилу фаз Гиббса. Гетерогенность цементного камня определяется в начальный период твердения гетерогенностью исходного цементного зерна и клинкера, что обеспечивается высокой удельной поверхностью за счет активации портландцемента и цементных вяжущих композиций.

Были изучены поверхности скола чистого цементного камня в возрасте 28 суток (рис. 3) с целью последующего сравнения их со структурой гидратированных образцов на основе вяжущих композиций. В соответствии с классическими представлениями, развитие кристаллической структуры цементного камня происходит в два этапа: на первом этапе формируется пространственный кристаллический каркас и воз-

никают контакты срастания между кристаллами (возможно образование двух видов каркасов - гидросульфалоуминатного и гидросиликатного), а на втором этапе происходит обрастание уже имеющегося каркаса.

Микроструктура портландцементного камня из теста нормальной густоты, твердевшего в нормальных условиях в течение 28 суток (рис. 3), состоит из отдельных блоков-агрегатов, образованных параллельно ориентированными слоями чешуйчатых поликристаллов и пакета-

ми кристаллических гидратных соединений размером в несколько микрометров. Слоистость структуры гидросиликатов не всегда четко прослеживается. В большинстве случаев она имеет вид бесформенных скоплений чешуек, что объясняется происхождением скола по блокам между чешуйками в различных слоях. Слоистая структура гидросиликатов кальция определяется ритмичностью процесса гидратации, формой и размерами участков силикатов кальция в исходных негидратированных цементных зернах.

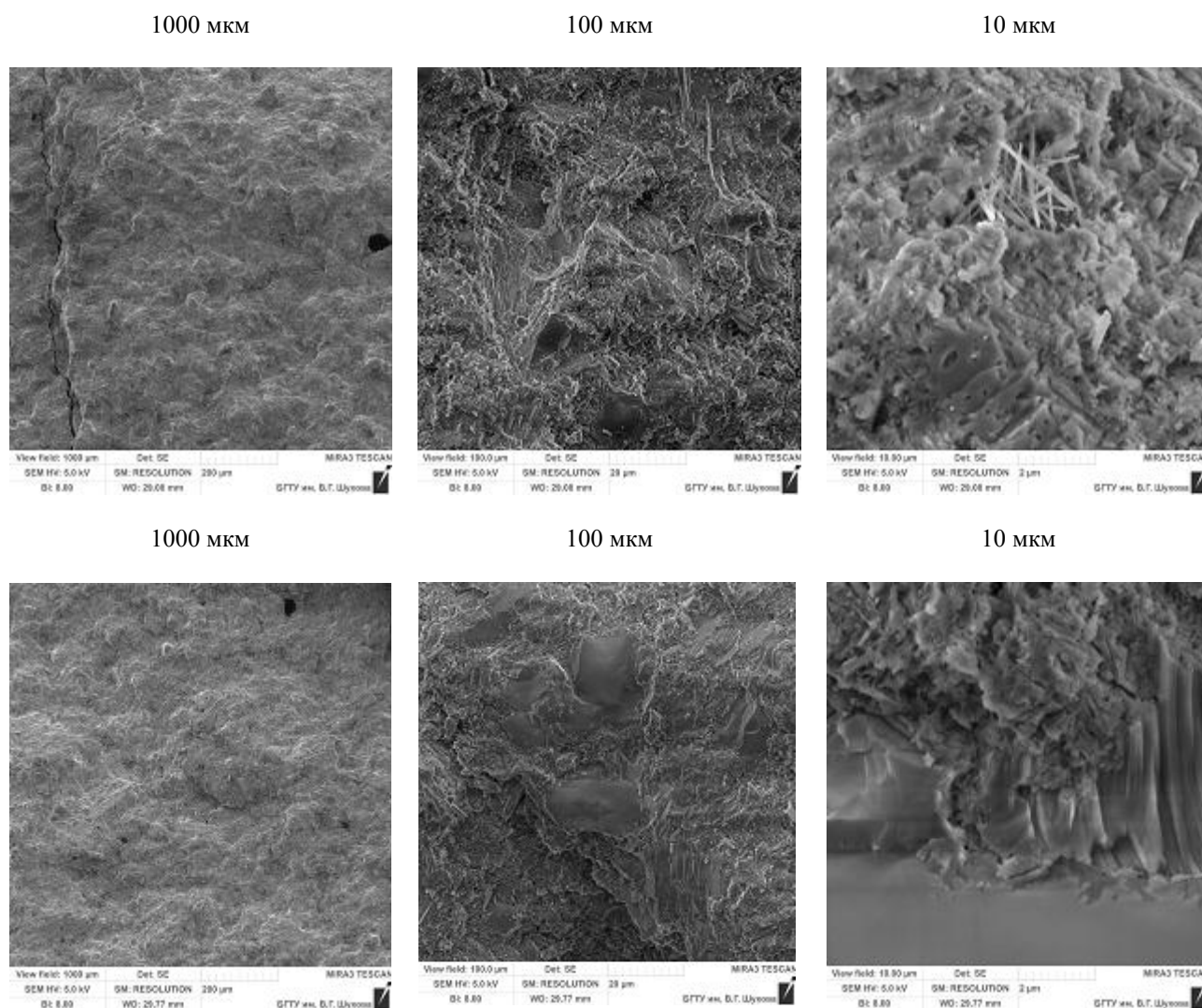


Рис. 3. Микроструктура цементного камня в возрасте 28 суток

Кристаллическая фаза активизированного цементного камня (1–3 проходов через мельницу) представлена (рис. 4–6) блоками кристаллов в виде гексагональных призм, пластин, сросшихся в двойниковом положении в результате геометрического отбора растущих кристаллов. Кроме того в цементном камне наблюдаются кристаллы и кристаллоагрегаты - друзы, находящиеся на тех или иных стадиях геометрического отбора растущих кристаллов в стесненных условиях. Из рисунков видно зарастание пор

цементного камня гидратными соединениями и их уменьшение, что имеет важное значение для омоноличивания камня и синтеза его прочности. Эти же микрофотографии хорошо иллюстрируют рост отдельных призматических кристаллов вторичного портландита в направлении, перпендикулярном к исходной поверхности стенок поры, прослеживается срастание призматических кристаллов в результате геометрического отбора растущих кристаллов.

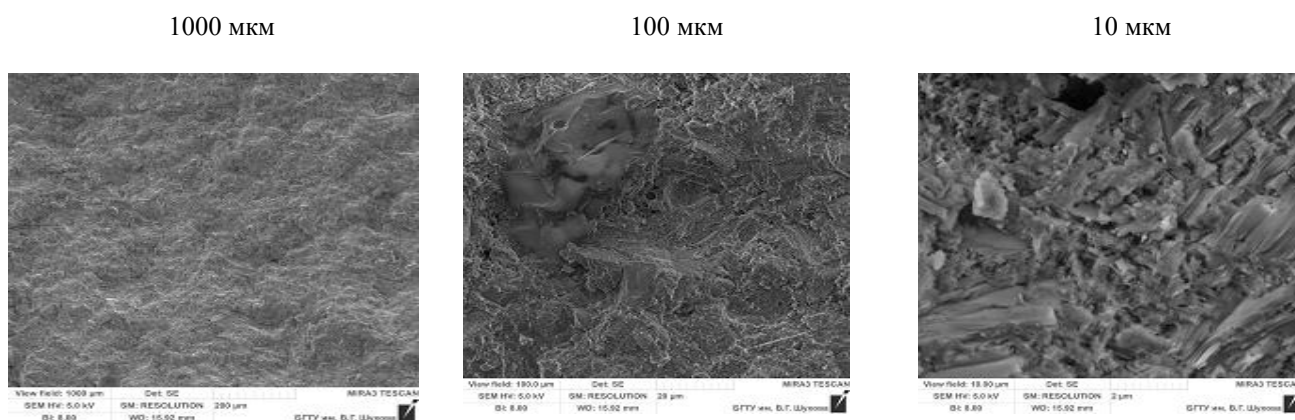
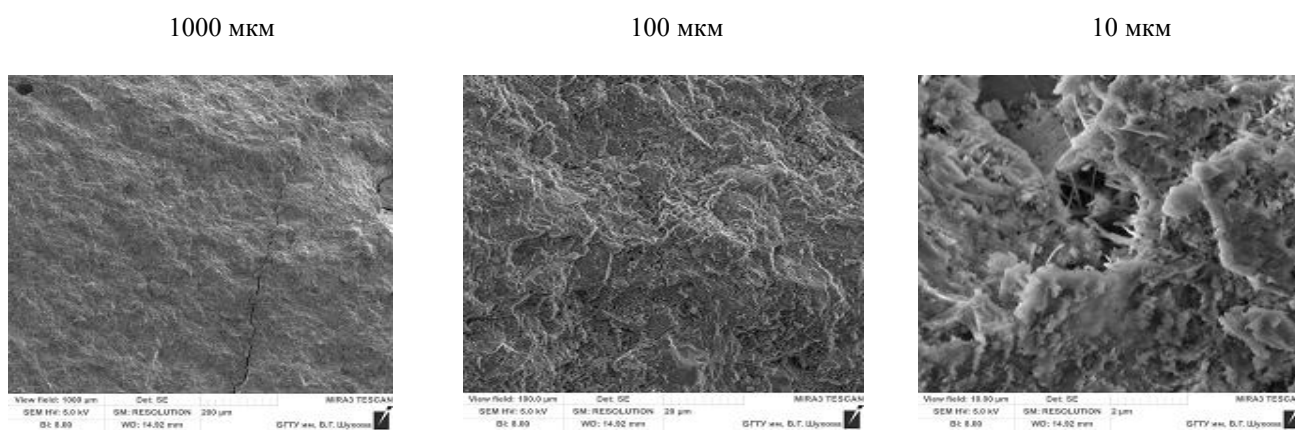


Рис. 4. Микроструктура цементного камня из портландцемента, активизированного в струйной вихревой мельнице (1 проход), в возрасте 28 суток

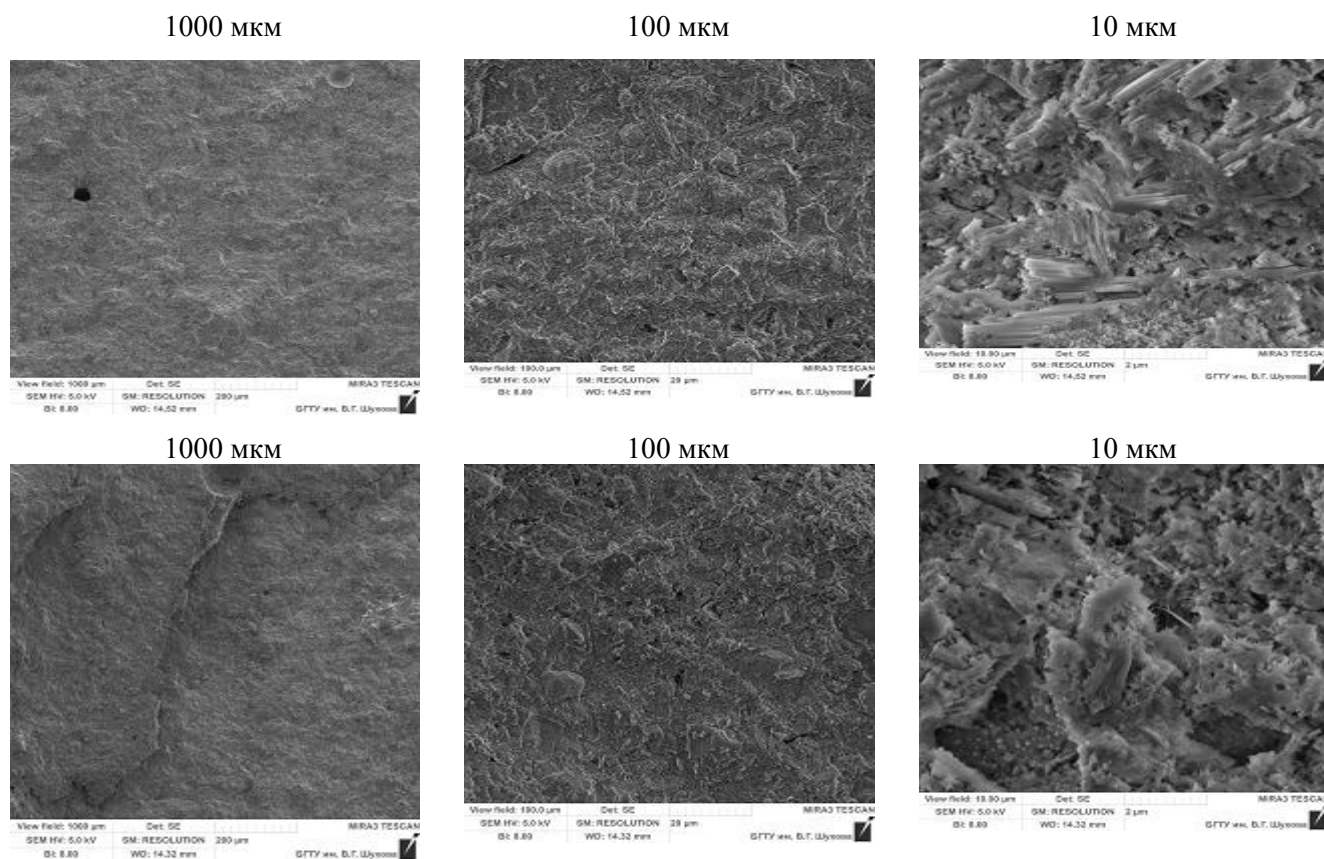


Рис. 5. Микроструктура цементного камня из портландцемента, активизированного в струйной вихревой мельнице (2 прохода), в возрасте 28 суток

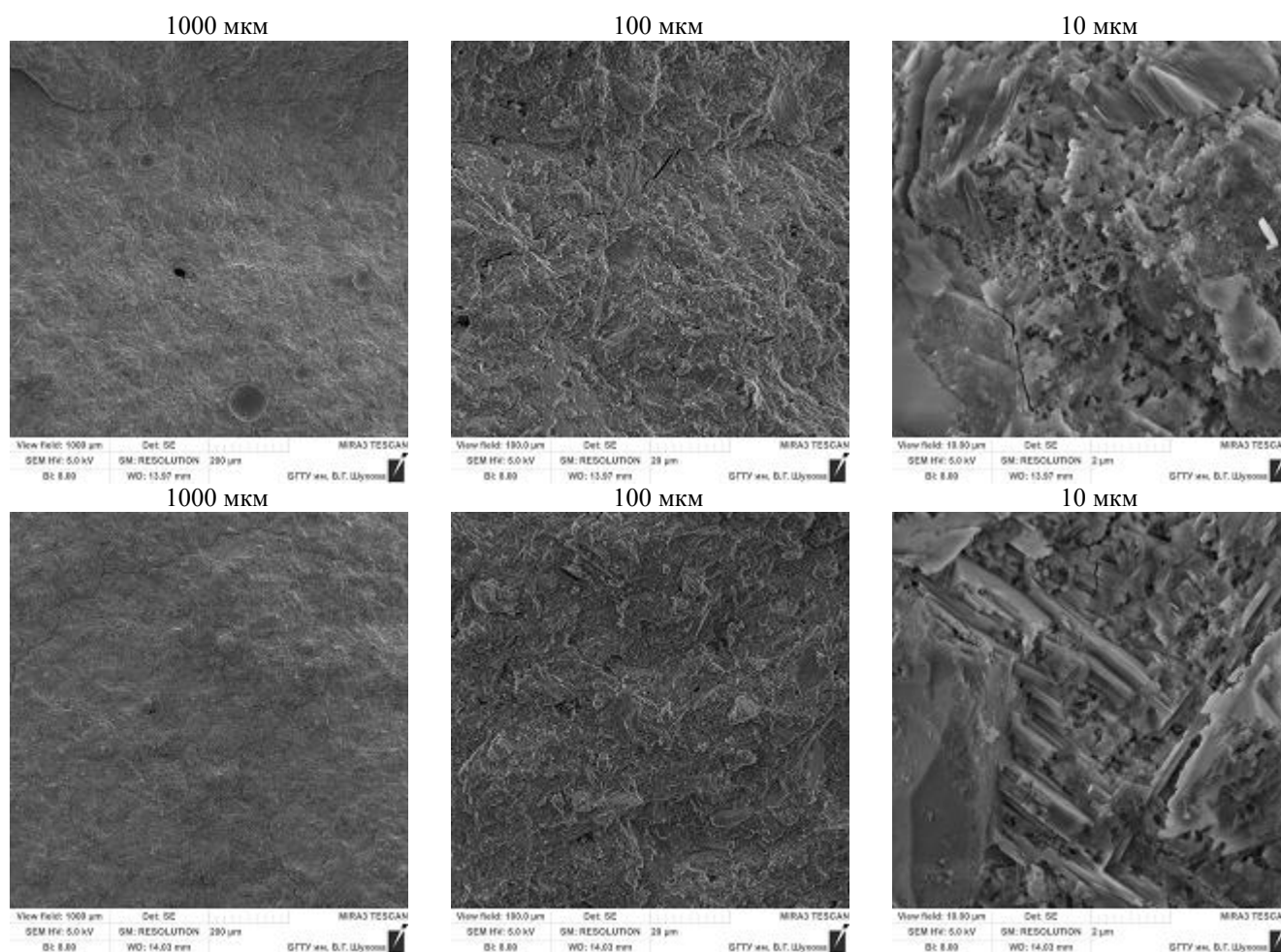


Рис. 6. Микроструктура цементного камня из портландцемента, активизированного в струйной вихревой мельнице (3 прохода), в возрасте 28 суток

Методом электронной микроскопии исследованы микроструктуры цементных камней, полученных из синтезированных вяжущих композиций составов 5-16 (табл.1, рис. 7,8). При этом выявлена блочно-ритмическая структура цементного камня, а также микроструктура отдельных блоков. Установлено, что чешуйки гидросиликатов кальция срослись друг с другом во многих местах, по всему объему, т.е. отмечен процесс собирательной рекристаллизации, обусловленный присутствием силикатного компонента – отходов перлитового производства. Отмечается присутствие перлитовых зерен-пластин, просматривающихся по всему объему. По всей площади скола наблюдается активное зарастание пор в виде сетчатых структур, этот процесс имеет неодинаковые стадии, что вызвано различным минеральным составом исходных клинкерных зерен цемента и внесенного в вяжущие композиции перлитовых отходов.

Цементный камень 28 суточного твердения представляет собой конгломерат, состоящий из блоков различной микроструктуры, поры кото-

рого заполнены отдельными кристаллами и их друзами. Блоки с четко выраженной параллельной слоистой структурой могут состоять из призматических кристаллов портландита, гидросульфалюминатов и гидросульфферритов. Размер блоков определяется геометрической формой, минералогическим составом, величиной исходных цементных зерен и перлитового наполнителя, а также их взаимным расположением, уплотнением и степенью заполнения промежуточного пространства между ними водой. На микрофотографиях (рис. 7 и 8) отмечается, что блоки выглядят по-разному: одни имеют ясно выраженную слоистость, другие похожи на бесформенную массу, это объясняется тем, что блоки ориентированы в разных направлениях и плоскость сколов в одних блоках проходит по слою, а в других по чешуйкам. При больших увеличениях ясно видно, что бесформенная масса это те же слои чешуек. Оба вида блоков представляют собой гидросиликаты кальция, состав которых отличен.

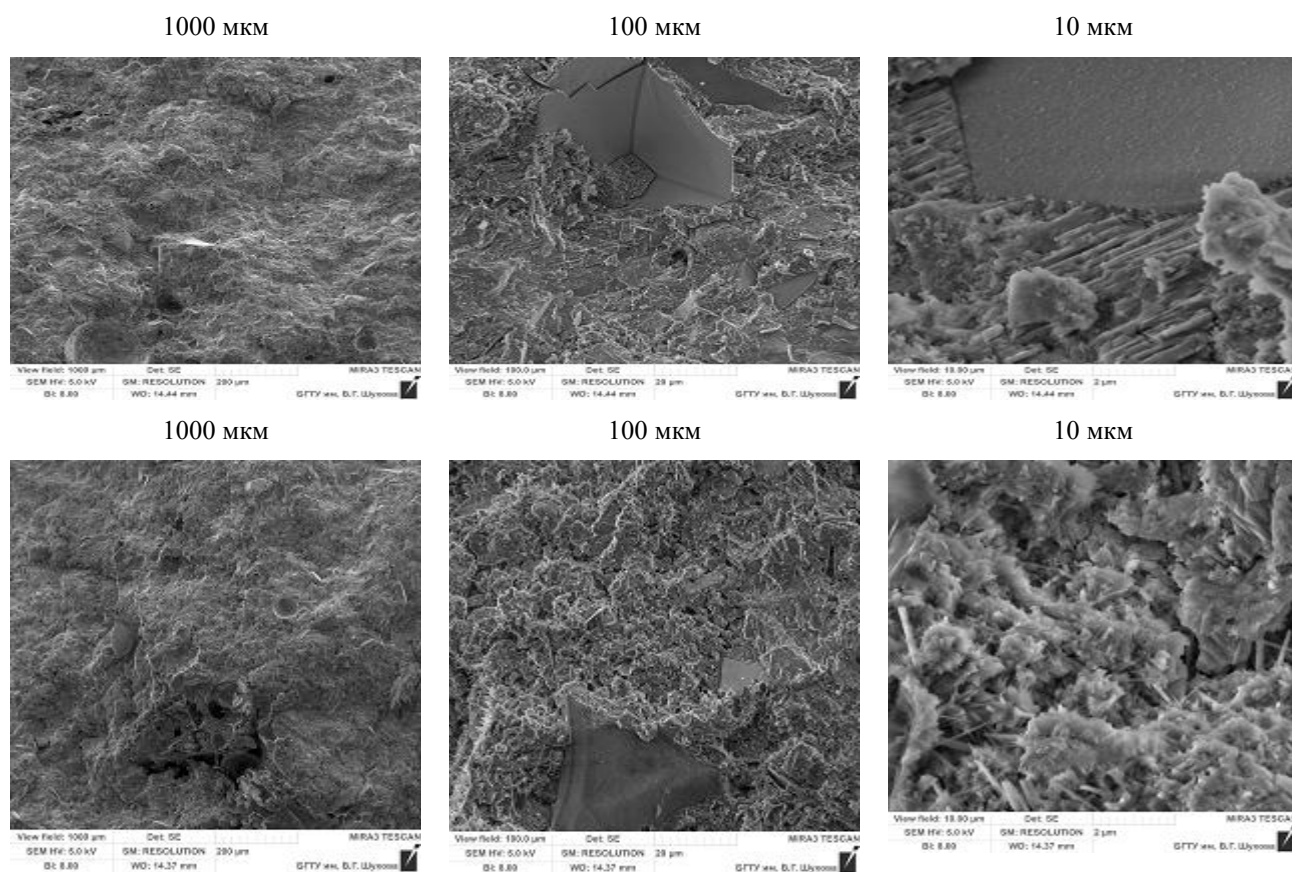


Рис. 7. Микроструктура цементного камня из вяжущей композиции состава 6 в возрасте 28 суток

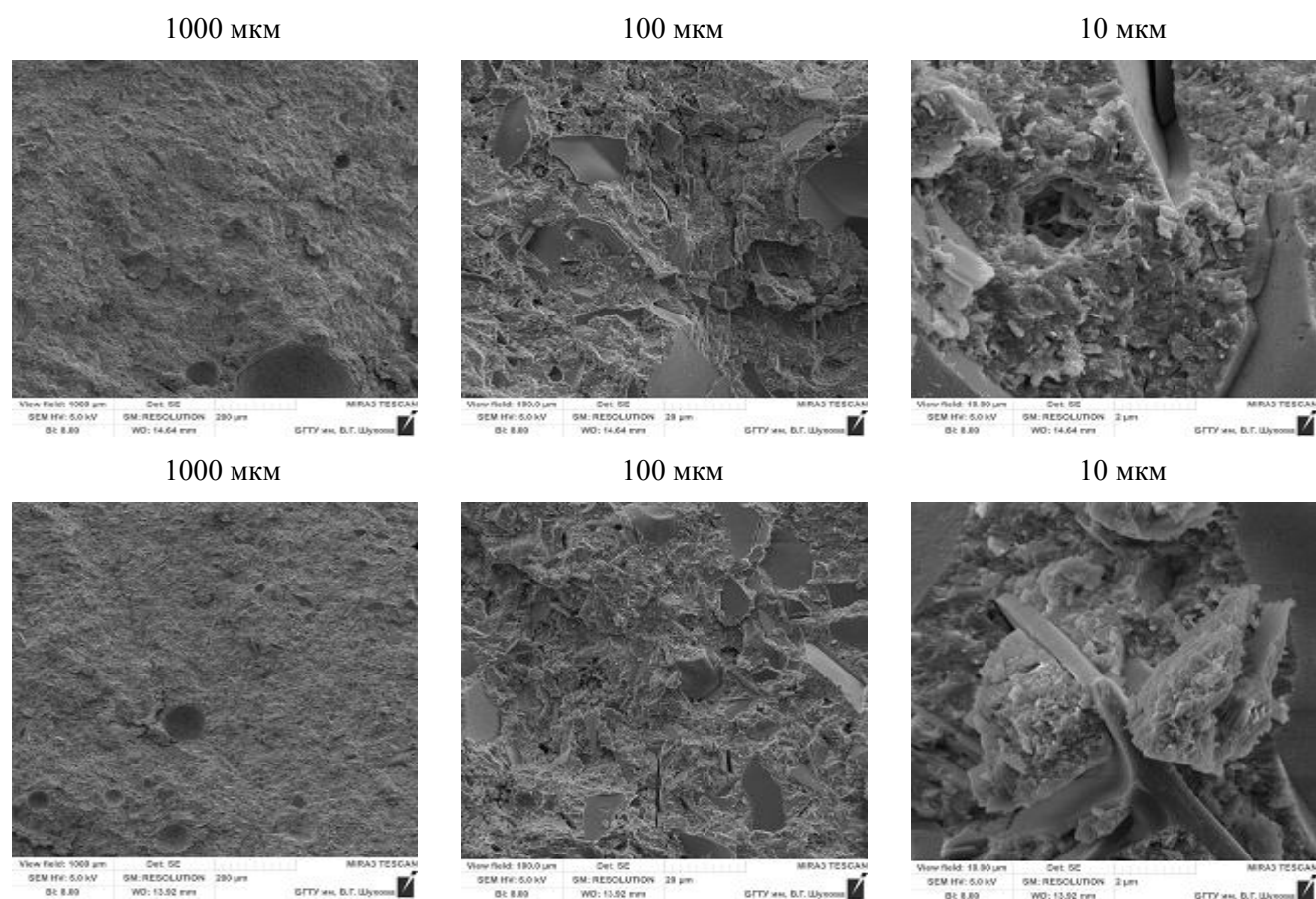


Рис. 8. Микроструктура цементного камня из вяжущей композиции состава 15 в возрасте 28 суток

В период формирования микроструктуры одновременно с ростом кристаллов в структурах внешнего ритма и возникновением зародышей кристаллов в структурах внутреннего ритма происходит растворение и перекристаллизация кристаллов и их зародышей. Кристаллизация и перекристаллизация новообразований в цементном камне осуществляется в присутствии аморфного кремнезема, внесенного перлитовыми отходами, которые, влияя на характер кристаллизации, могут либо входить в состав кристалла, образуя твердые растворы, либо быть включениями в твердом или жидком (маточный раствор) состоянии. Этому способствуют кристаллохимические особенности строения гидроксида кальция, разрешающие широкий диапазон стабильных и метастабильных замещений. В процессе структурообразования цементного камня гидроксид кальция является матрицей для внедрения в него различных элементов и ионов с последующим образованием гидратных соединений. Этим объясняется наличие элементов структуры гидроксида кальция во многих гидратных соединениях цементного камня. В первоначально сформировавшихся гидросиликатах кальция со структурой гидроксида кальция протекает твердофазовый процесс поликонденсации SiO_4 -тетраэдров по схеме, разработанной Н. В. Беловым [25], с образованием более сложных гидросиликатов кальция и выделением свободного гидроксида кальция. Последний, переходя в раствор, мигрирует по капиллярам и порам, кристаллизуясь в различных местах в зависимости от условий системы.

К 28 суточному возрасту камня в результате уменьшения концентрации в жидкой фазе происходит перекристаллизация в пространстве призматических кристаллов гидроксида кальция в гексагональные пластинки, заполняющие все свободное пространство между первоначальными цементными зернами. Гексагональные пластинки сначала образуют в центре поры и со всех сторон окружены игольчатыми кристаллами портландита. Это свидетельствует о высоком пересыщении жидкой фазы у основания поры и низком – в ее центре. Дальнейшая перекристаллизация и рост гексагональных кристаллов портландита подчиняются законам коллективного роста кристаллов и протекают метасоматически. В результате получают блоки пластинчатых кристаллов портландита, срастающихся в двойниковом положении и ориентированных в пространстве граничными плоскостями структур внутреннего ритма, соответствующих очертанию исходных зерен цемента.

Структура внутреннего ритма образуется внутри от исходящей поверхности цементного

зерна и состоит из зародышей кристаллов – чешуек, выпадающих из сильно пересыщенных растворов в объеме растворенного вещества. Ритмичность процесса гидратации определяет слоистое расположение чешуек в структуре. Структура внешнего ритма образуется наружу от исходной поверхности цементного зерна и состоит из кристаллов, подчиняющихся законам коллективного роста их в ограниченном объеме. Эта структура с возрастом цементного камня подвергается генезису. Кристаллы портландита первоначально кристаллизуются из сильно пересыщенных растворов в виде шестигранных призматических кристаллов, а затем при уменьшении концентрации жидкой фазы перекристаллизуются в гексагональные пластинки. Причем эта перекристаллизация начинается уже внутри поры и обращена к ее поверхности.

В результате чрезвычайно сложного процесса формируется блочно-ритмическая микроструктура плотной части цементного камня, которая в сочетании с порами и негидратированными цементными зернами представляет собой структуру цементного камня. Сформировавшаяся структура с возрастом постоянно изменяется, что обусловлено стремлением гетерогенного материала к равновесию. Известно, что структура цементного камня определяет его свойства и прежде всего прочность. Прочность и пористость находятся в прямой зависимости. Пористость подразделяют на открытую (капиллярную) и закрытую (вакуольную). Установлено, что при одинаковой пористости наличие второго вида пор улучшает технические свойства цементного камня. Поры первого вида первоначально образованы зазорами между цементными зернами, находящимися в ограниченном геометрическом объеме. При нормальных условиях твердения цемента они всегда заполнены водой, количество и размер их с возрастом камня уменьшается. Поры второго вида заполнены воздухом и с возрастом практически не изменяются.

Как показали электронные микроскопические исследования цементов и вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, открытые поры всегда заполнены новообразованиями, находящимися на различных стадиях коллективного роста – одиночных кристаллов или их друз, параллельно – отдельного роста кристаллов, полностью заросших пор и, наконец, в виде блоков в структуре камня. Особую роль в формировании этих новообразований играют минеральные наполнители – отходы перлитового производства.

Анализ микроструктуры вяжущих композиций свидетельствует о создании плотной

сросшейся структуры за счет рационально подобранного состава, использования эффективно-го минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, дополнительной активизации сырьевой смеси, позволяющей получать композиты с заданными свойствами.

Таким образом, изучение микроструктуры портландцемента и вяжущих композиций, активизированных в вихревой струйной мельнице, убедительно подтвердило полученные ранее физико-механические характеристики этих вяжущих.

Выводы. Ценность минеральных вяжущих веществ как строительных материалов определяется в первую очередь механической прочностью камня на их основе. Свойства же искусственного камня обусловлены его структурой. Анализ микроструктуры вяжущих композиций свидетельствует о создании плотной сросшейся структуры за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, дополнительной активизации сырьевой смеси, позволяющих получать композиты с заданными свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Никифорова Н.А. Оптимизация параметров изготовления композиционных вяжущих, изготовленных с использованием вулканического сырья // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 33–39.
2. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95–99.
3. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2013. 127 с.
4. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известие вузов. Строительство. 2013. №1. С. 28–33.
5. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7. С. 56–58.
6. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С. Бетоны на композиционных вяжущих // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. 2012. № 2 (7). С. 99–101.
7. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2012. 197 с.
8. Строкова В.В., Гринев А.П., Алфимова Н.И., Огурцова Ю.Н. Мелкозернистые бетоны для монолитного строительства на основе сырья Ханты-Мансийского автономного округа. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 107 с.
9. Лесовик В.С., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов алмазобогащения // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 8. С. 30–31.
10. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 132 с.
11. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 75 с.
12. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarina A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24 №. 11. С. 1496–1502.
13. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
14. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.
15. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.
16. <http://dv.sartpp.ru/news.php?ID=206>
17. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.
18. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shkarina M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. Т. 11. №12s. С. 948–953.

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

20. Lesovik, V.S., Chulkova I.L., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A., Popov, D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research journal of applied sciences 2014. Т. 9. №12. С. 1100–1105.

21. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers// Research journal of applied sciences. 2015. Т. 10. №. 12. С 931–936.

22. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19 С. 40617–40622.

23. Ильинская Г.Г. Лесовик В.С, Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Применение отходов КМА при производства сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. Шухова. 2012. № 4. С. 15–19.

24. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

25. Белов Н.В. Химия и кристаллохимия силикатов кальция.- V Всесоюз. совещ. по химии цемента: Тез докл. М., 1978, С. 23–29.

Zagorodnjuk L.H., Sumy D.A., Golden S.V., Kaneva E.V.

MICROSTRUCTURE HYDRATION PRODUCTS BINDING COMPOSITION OBTAINED IN THE VORTEX JET MILL

By electron microscopy to study the microstructure of the cement stone made from Portland cement and activated binders of the compositions in the vortex jet mill. It was found that the open pores of the cement and cementitious compositions prepared using perlite fillers, always filled with tumors, at different stages of collective growth. The microstructure of cementitious compositions has a dense structure by rationally selected composition, effective use of mineral filler - perlite waste, creating additional support for the formation of the internal microstructure of the composite, mechanical activation raw mixture, allowing to obtain composites with desired properties.

Key words: hydration products, microstructure, electron microscopy, whirlpool jet mill, binding composition, physical and mechanical properties.

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

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

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

E-mail: LHZ47@mail.ru

Сумской Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: pr9nik2011@yandex.ru

Золотых Сергей Викторович, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

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

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

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

К ВОПРОСУ КИНЕТИКИ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГИДРАТАЦИИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ (ЧАСТЬ 1)*

mdrebezgova@mail.ru

В настоящее время все больше внимания уделяется разработке составов ускоренного твердения, которые в течение первых трех суток набирают 70 % и более от проектной прочности, что позволяет обеспечить интенсификацию работ в строительстве, ускорить оборачиваемость опалубочных форм при производстве сборного железобетона, а также исключить необходимость тепловой обработки строительных изделий. В связи с этим является необходимым не только знать прочность композита в проектном возрасте, но и иметь возможность анализа кинетики его твердения. Особый теоретический и практический интерес представляют наиболее сложные для познания и регулирования ранние стадии твердения вяжущих. Влияние любого воздействия может выражаться изменением во времени показателей теплоты выделения, являющегося интегральным результатом элементарных процессов гидратации и структурообразования под действием различных факторов.

Ключевые слова: гипсовые вяжущие, термокинетические зависимости, реакционная способность.

Введение. Предметом термокинетики является изучение скорости реакций в единицах тепловой мощности в единицу времени. Основные термокинетические зависимости $dQ/dt=f(\tau)$ и $Q=f(\tau)$ можно рассматривать как параметрические уравнения с общим параметром – временем. Их анализ позволяет для любых вяжущих и воздействий выделять характерные периоды, оценивать их интенсивность и длительность с определением кинетических констант. Исключение общего временного параметра приводит к третьей зависимости $dQ/dt = f(Q)$. Эта зависимость ярко выражена при гидратации индивидуальных вяжущих веществ (строительного гипса и др.), когда по термокинетическим характеристикам на феноменологическом уровне возможен прогноз прочности и других свойств [1].

Основная часть. Ранее проведенные исследования показали, что различные модификации сульфата кальция не вносят существенного изменения в характер новообразований, но влияют на скорость гидратации вяжущего и условия кристаллизации новообразований, что, в конечном счете, отражается на его прочности. Это принципиальное положение лежит в основе по-

лучения композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) и композитов на их основе повышенной водостойкости и прочности с использованием любых модификаций гипсовых вяжущих (α - и β -полугидратов сульфата кальция) или их сочетания, позволяющих получать качественно новый уровень свойств материалов, ранее не достигаемый [2–12].

В данной работе с целью изучения термокинетических закономерностей интенсивности и полноты ранних стадий гидратации образцов гипсовых вяжущих (Г-5, Г-16 и их сочетания – 70 % Г-5+30 % Г-16)), с момента их смешения с водой, проведены исследования с помощью изотермического дифференциального микрокалориметра [13], включающего ряд устройств для автоматического построения зависимостей $dQ/dt=f(\tau)$ и $Q=f(\tau)$. Вес образцов – 10 г, В/Г=0,5. Длительность фиксируемых изменений показателей теплоты выделения составляет от нескольких часов до 1–3 сут.

В табл. 1 приводятся термокинетические показатели кинетики теплоты выделения гидратации исследуемых вяжущих.

Таблица 1

Термокинетические показатели

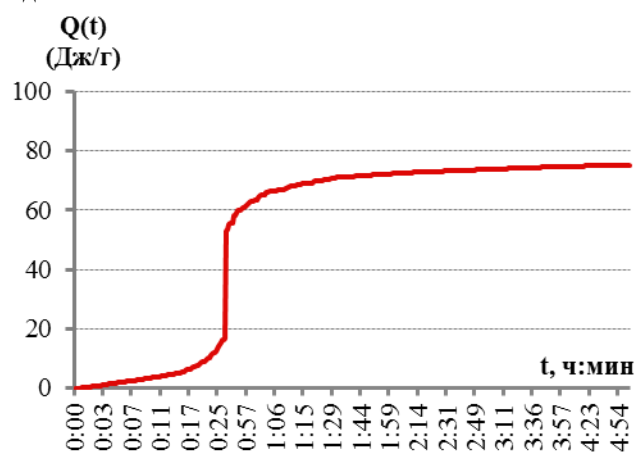
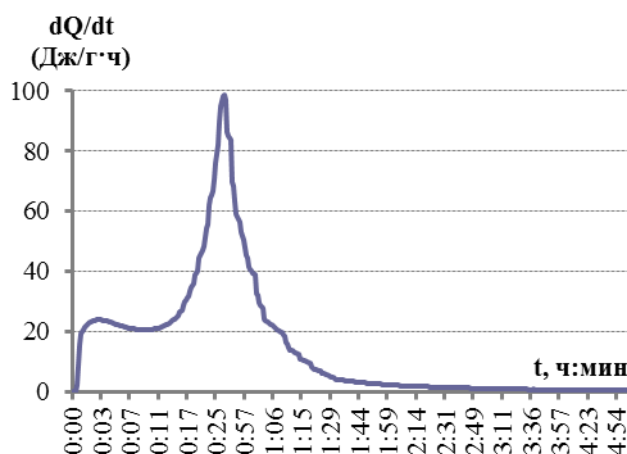
Составы		Начало реакции, с	Экзоэффект			Тепловыделение макс. за 72ч дж/г
№ п/п	Соотношение компонентов		момент достижения ч, мин, с	Величина максимума, дж/г·ч	Тепловыделение дж/г	
1	Г-5	22	3 мин 13 с	23,87	0,98	84,92
			50 мин 16 с	98,47	53,1	
2	Г-16	22	51 мин 28 с	98,37	61,84	91,91
3	Г-5+Г-16	22	02 мин 47 с	37,35	1,23	89,27
			48 мин 48 с	98,37	59,5	

На рис. 1 представлены результаты измерений интенсивности и скорости тепловыделений $dQ/dt=f(\tau)$ и $Q=f(\tau)$ при гидратации полуводного гипса α - и β - модификации и их смеси. Сравнивая термокинетические кривые процессов гидратации Г-5, Г-16 и Г-5+Г-16 при температуре 27°C, видны различия в длительности и интенсивности основных периодов их твердения.

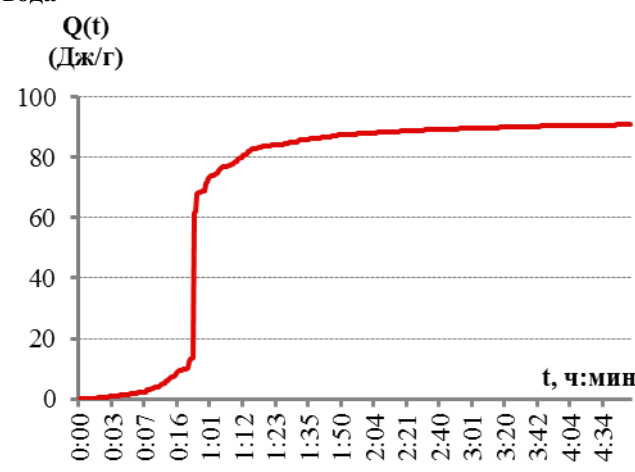
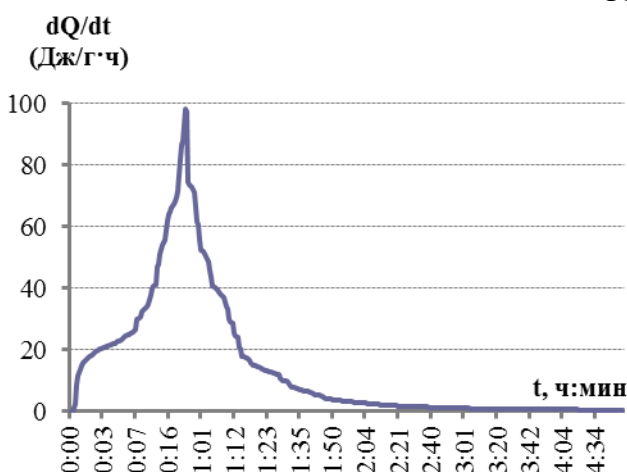
У Г-5 проявляются два экзоэффекта, разделяемые промежутком постоянной скорости теп-

ловыделения, т.е. четко разделяются *три периода гидратации*, включая индукционный. Сразу же после взаимодействия с водой (через 22 с) у вяжущего проявляется реакционная способность, а через 3 мин 13 с фиксируется первый пик скорости тепловыделения, составляющий 23,87 Дж/г·ч с количеством выделившегося тепла – 0,98 Дж/г, обусловленный адсорбционными процессами и химическими реакциями.

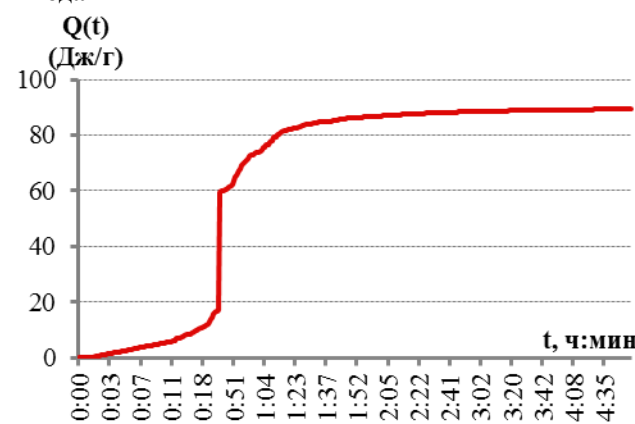
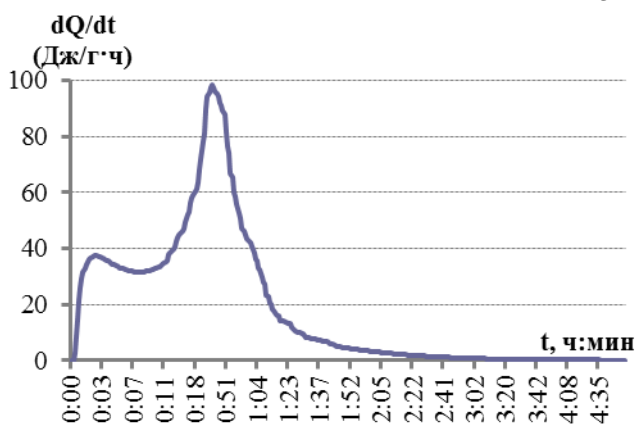
Г5 + вода



Г16 + вода



Г5 + Г16 + вода



а

б

Рис. 1. Зависимость интенсивности (а) и скорости (б) тепловыделения в процессе гидратации гипсовых вяжущих от времени

Затем скорость тепловыделения снижается до 20,52 дж/г·ч, что может означать окончание первой стадии процесса гидратации и наступление индукционного периода.

Участок кривой, соответствующий этому периоду, почти параллелен оси времени. Дальнейший подъем кривой (через 10 мин 05 с) характеризует наступление ускоренного (главного) периода гидратации и интенсивной кристаллизации $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Через 50 мин 16 с фиксируется второй пик скорости тепловыделения – 98,47 дж/г·ч с количеством выделившегося тепла – 53,1 дж/г.

Последующее монотонное падение скорости тепловыделения до 0,44 дж/г·ч и менее, характеризуется израсходованием реагента.

При гидратации **Г-16** после контакта с водой через 22 с проявляется реакционная способность и через 51 мин 28 с фиксируется один пик скорости тепловыделения – 98,37 дж/г·ч без индукционного периода с количеством выделившегося тепла – 61,84 дж/г.

У смеси гипсовых вяжущих **Г-5(70 %)+Г-16(30 %)**, через 22 с после взаимодействия с водой проявляется реакционная способность, а через 2 мин 47 с, также как и у Г-5, фиксируется первый пик скорости тепловыделения равный 37,35 дж/г·ч. Количество выделенного тепла составляет 1,23 дж/г.

Затем, через 7 мин 48 с скорость тепловыделения снижается до 31,64 дж/г·ч и наступает индукционный период.

В дальнейшем наступает ускоренный (главный) период гидратации и через 48 мин 48 с скорость тепловыделения достигает максимального значения – 98,37 дж/г·ч с количеством выделенного тепла – 59,5 дж/г. Сопоставление полученных кривых тепловыделения с кривой скорости гидратации гипсовых вяжущих показало их практически полное соответствие.

Таким образом, кривые рис.1 свидетельствуют о возможности использования изотермического микрокалориметрического метода для термокинетической оценки интенсивности и полноты ранних стадий гидратации гипсовых вяжущих. Установлено: максимальная скорость тепловыделения смеси гипсовых вяжущих **Г-5(70 %)+Г-16(30 %)** наступает на 1 мин 28 с раньше, чем у Г-5 и на 2 мин 40 с раньше, чем у Г-16 и отражает факт ее более высокой реакционной способности.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им В.Г. Шухова на 2012-2016 годы при выполнении НИР № А-2/16 «Разработка и синтез эффективных композитов на быстротвердеющих*

гипсоцементных вяжущих для аддитивных технологий»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона : избранные труды. Харьков: Факт, 2002. 183 с.
2. Муртазаев С.А.Ю., Чернышева Н.В., Аласханов А.Х., Сайдумов М.С. Использование композиционных гипсовых вяжущих на техногенном сырье в производстве стеновых материалов // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, 2011. № 11. С. 169–176.
3. Бурьянов А.Ф. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция: монография. Москва: Изд-во Де Нова, 2012. 196 с.
4. Чернышева Н.В., Муртазаев С.А.Ю., Аласханов А.Х. Сухие строительные смеси на основе КГВ // Сухие строительные смеси. 2012. № 1. С. 12–13.
5. Муртазаев С.А.Ю., Чернышева Н.В., Сайдумов М.С., Хаджиев М.Р. Микроструктура и морфология тонкомолотых минеральных добавок золы-уноса и шлака Грозненской ТЭЦ // Инновационные технологии в производстве, науке и образовании: сб. материалов III Международ. науч.-практ. конф. (Грозный, 24-25 декабря 2013 г.), Грозный, 2013. С. 142–152.
6. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.
7. Чернышева Н.В., Дребезгов Д.А. Свойства и применение быстротвердеющих композитов на основе гипсовых вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 125–133.
8. Murtazaev S.A.Y., Saidumov M.S., Lesovik V.S., Chernysheva N.V., Bataiev D.K.S. Fine-grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation // Modern Applied Science. 2015. Т. 9. № 4. С. 233–245.
9. Фишер Х.Б., Рихерт Х., Бурьянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В., Чернышева Н.В. Перекристаллизация частиц гипса // Эффективные строительные композиты: сб. материалов науч.-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, д-ра техн. наук Баженова Ю. М. (Белгород, 02-03 апреля 2015 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 718–723.

10. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige kompositbindemittel-zukunft des ökologischen bauens* В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL (Weimar, 16-18 сентября 2015 г.), Weimar: Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität, 2015. С. 699–706.

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

12. Дребезгова М.Ю., Евсюкова А.С., Чернышева Н.В., Потапов В.В. К вопросу управле-

ния процессами структурообразования композиционных гипсовых вяжущих // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, д-ра техн. наук, проф. В. С. Лесовика (Белгород, 15-16 марта 2016 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. Ч. 1. С. 263–268.

13. Руководство пользователя. Дифференциальный калориметр TpiCAL TpiO модель 7339. Берлин, 2013. 15 с.

Drebezgova M. Yu.

**TO THE QUESTION OF THE KINETICS OF HEAT RELEASE DURING HYDRATION
GYPSUM BINDER (PART I)**

In this article, using isothermal differential microcalorimeter that includes a number of devices for the automatic construction of dependency of $dQ/d\tau=f(\tau)$ and $Q=f(\tau)$ was studied by thermo-kinetic regularities of the intensity and completeness of the early stages of hydration of gypsum binders G-5, G-16 and their combinations (G-5-70 % + G-16-30 %), since their mixing with water.

Key words: *gypsum binders, thermokinetic dependence, reactivity.*

Дребезгова Мария Юрьевна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: mdrebezgova@mail.ru

DOI: 10.12737/25041

*Цыба О.О., канд. техн. наук,
руководитель Подкомитета 4 «Арматурный прокат для железобетонных
конструкций» при ТК 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов»,
РОССТАНДАРТ*

*Дьячков В.В., канд. техн. наук,
заместитель заведующего центром новых видов арматуры, сварки и армирования
железобетона НИИЖБ им. Гвоздева А.А., АО «НИЦ «Строительство»*

*Саврасов И.П., канд. техн. наук,
руководитель Сертификационного центра, АО «НИЦ «Строительство»*

Панченко А.И., д-р техн. наук, проф.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

О НОВОМ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТАНДАРТЕ ГОСТ 34028-2016 «ПРОКАТ АРМАТУРНЫЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Tsibao081@mail.ru

В настоящее время арматура для железобетонных конструкций является самым массовым видом проката строительного назначения. Повысить потребительские свойства арматурного проката возможно при тесном взаимодействии производителей и потребителей. В статье приведены результаты исследований арматурного проката в части свариваемости, выносливости и релаксации напряжений в соответствии с требованиями проекта нового ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций».

Ключевые слова: *арматурный прокат, железобетонные конструкции, сварные соединения, периодический профиль.*

Основная часть. В настоящее время в России арматурный прокат для железобетонных конструкций выпускается в соответствии с требованиями двух межгосударственных стандартов ГОСТ 5781-82 [1] и ГОСТ 10884-94 [2], национального стандарта ГОСТ Р 52544-2006 [3], а также стандарта организации СТО АСЧМ 7-93 [4]. Указанные стандарты в ряде требований к арматуре в целом повторяют друг друга, но в ряде вопросов имеют разночтения. Приведем несколько наглядных примеров.

В соответствии с ГОСТ Р 52544-2006 который распространяется на самый массовый вид арматурного проката класса А500С для обеспечения требуемой прочности сварных соединений производитель обязан выдерживать значение углеродного эквивалента по верхней и нижней границам. Действительно, данный подход позволяет получать достаточно прочные сварные соединения, удовлетворяющие требованиям большинства (например, при строительстве мостов такая арматура на сегодняшний день не используется) потребителей проката [5]. Ссылаясь на принятое в ГОСТ Р 52544-2006 условное обозначение данная арматура классифицируется под индексом «С». Этот индекс демонстрирует потребителям возможности свариваемости без значительного разупрочнения шва соединений арматуры.

В тоже время в соответствии со стандартом СТО АСЧМ 7-93 самый массовый вид проката класса А500С производится с химическим составом, в котором нет необходимости ограничивать нижнюю границу углеродного эквивалента. Это приводит к определенному снижению прочности сварных соединений из-за разупрочнения шва при сварке с большими тепловложениями. Дополнительно стоит отметить, что если в ГОСТ Р 52544-2006 присутствует обязательное приложение с методикой испытаний и контролем свариваемости арматурного проката, то в СТО АСЧМ 7-93 такой контроль не предусмотрен.

Из описанного выше следует, что в соответствии с действующими документами на производство самого массового арматурного проката для железобетонных конструкций класса А500С [3, 4] произошла подмена понятий, т.е. обозначаемая одинаково арматура имеет не одинаковые эксплуатационные характеристики. Более того, один из стандартов вообще не регламентирует данные свойства в части свариваемости. В соответствии со стандартами арматура класса прочности 500 Н/мм² вся выпускается с индексом «С», что вызывает ряд вопросов.

Еще одним наглядным примером несоответствия стандартов на арматуру является сравнение классов А500С по ГОСТ Р 52544-2006 и Ат500С по ГОСТ 10884-94. Несмотря на одина-

ковые требования в части механических свойств, тем не менее, данные классы арматуры имеют различные требования в части прочности сварных соединений. Так для арматуры А500С по ГОСТ Р 52544-2006 результаты сварных соединений считаются удовлетворительными если разрушение происходит вне места сварки или при разрушении в области сварного соединения при временном сопротивлении не менее 600 МПа для горячекатаного и термомеханически упрочненного проката. Однако арматура Ат500С по ГОСТ 10884-94 считается свариваемой, если она удовлетворяет требованиям прочности сварных соединений не менее 540 МПа.

Действующие стандарты на арматуру допускают возможность производства фактически различной по своим потребительским свойствам продукции, которую потом можно аттестовать как одинаковую. Например, в соответствии со стандартом СТО АСЧМ 7-93 технология производства определяется производителем, то есть горячекатаную, термомеханически упрочненную и холоднодеформированную арматуру можно аттестовать как класс А500С. Однако, известно, что такая продукция будет отличаться друг от друга в части механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Подобные примеры противоречия требований нормативных документов к арматуре затрудняют проектирование и строительство зданий и сооружений, расчет сметной стоимости строительных материалов вообще и арматурных работ в частности, приводят к пересортице, что в целом негативно сказывается на общей эффективности проектов. Такой подход к свойствам арматурного проката не дает возможности металлургическим предприятиям массово осваивать новые виды продукции, так как любое освоение требует определенных ресурсов, расход которых может экономически не оправдаться ввиду неочевидности конкурентных преимуществ. То есть, сегодня металлургическому предприятию нет смысла осваивать качественный арматурный прокат с высокими характеристиками свариваемости, если практически весь рынок закрывает продукция класса А500С по стандарту СТО АСЧМ 7-93.

Тем не менее, несмотря на сложившуюся ситуацию, металлургические компании все-таки развивают собственную арматурную продуктовую линейку, из которой можно выделить арматуру класса А500СП с профилем, улучшающим сцепление с бетоном [6], арматуру класса А600С микролегированную ниобием и ванадием [7], арматуру класса Ас500С для районов крайнего севера РФ [8, 9]. Приведенные примеры являются скорее исключением из правил. Успех рас-

пространения такой продукции среди проектировщиков и строителей больше зависит от уровня продвижения каждого проекта в отдельности.

В целях реализации Федерального закона №184-ФЗ «О техническом регулировании» [10] в части совершенствования и развития работ по стандартизации в области металлопродукции из черных металлов и сплавов была проведена реорганизация Технического Комитета (далее ТК) №375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов».

Национальный технический комитет по стандартизации ТК 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов» сегодня является ведущим комитетом по разработке межгосударственных и национальных стандартов на продукцию металлургической отрасли, задачей которого является ускорение темпов актуализации межгосударственных и национальных стандартов на металлопродукцию. Технический комитет по стандартизации ТК 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов» является формой сотрудничества заинтересованных предприятий, организаций, органов исполнительной власти, экспертов и других специалистов при проведении работ по национальной, межгосударственной и международной стандартизации в сфере производства металлопродукции. В соответствии с новой редакцией Положения и структуры ТК 375 был создан Подкомитет 4 (далее ПК 4) «Прокат арматурный для железобетонных конструкций». Основными задачами нового ПК 4 является формирование программы национальной стандартизации, проведение экспертизы проектов, координация межотраслевого взаимодействия со смежными техническими комитетами и предприятиями производителями и потребителями арматурного проката для железобетонных конструкций.

Во время 50-го юбилейного заседания Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (имеется протокол от 8 декабря 2016 года №50-2016) был принят новый межгосударственный стандарт ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия» [11]. Настоящий стандарт разработан на основе применения ГОСТ Р 52544-2006 [3] в части горячекатаного и термомеханически упрочненного арматурного проката и заменит собой ГОСТ 5781-81 [1], ГОСТ 10884-94 [2], а также СТО АСЧМ 7-93 [4].

По сравнению с действующими нормативными документами новый стандарт предусматривает ряд особых требований к арматурному прокату, которые в будущем позволят стать вектором дополнительного развития как для по-

ставщиков, так и для потребителей строительного материала-арматуры. Требования к арматуре в новом стандарте делятся на стандартные и дополнительные. Если стандартные требования предполагают более широкий сортамент геометрического ряда, различные конфигурации периодического профиля, возможность допуска небольшого количества равномерной ржавчины и отсутствие прокатной маркировки в случае возможности идентификации по форме профиля, то дополнительные требования дают возможность создать арматурному прокату прежде всего дифференцированную рыночную стоимость. Рассмотрим подробнее вопрос обеспечения дополнительных требований к арматурному прокату по-новому ГОСТ 34028-2016 [11].

Прежде всего, необходимо выделить достаточно объективный подход к требованию свариваемости арматурного проката. Теперь по-новому ГОСТ 34028-2016 свариваемость будет обеспечиваться или микролегированием стали, которое достигается путем введения в сталь легирующих элементов ванадий V, ниобий Nb, молибден Mo или обеспечением нижней границы углеродного эквивалента по аналогии с ГОСТ Р 52544-2006 [3]. Такая продукция по-новому ГОСТ 34028-2016 будет аттестована как A500C, где индекс «С» действительно будет обозначать свариваемость, которая обеспечивается прочностью сварных соединений, выполненных всеми видами сварки. Испытания на свариваемость осуществляют при постановке проката на производство, а затем не реже одного раза в год в соответствии с требованиями приложения нового ГОСТ 34028-2016. В случае изменения технологии или способа производства цикл испытаний на свариваемость осуществляют заново. В тоже время производителям оставили возможность производить продукцию без микролегирования и ограничения по нижнему пределу углеродного эквивалента, что дает возможность значительно экономить легирующие элементы. Теперь такая продукция может быть аттестована без индекса «С».

Помимо свариваемости к дополнительным требованиям к арматуре в новом ГОСТ 34028-2016 можно отнести категории повышенной Н и высокой Е пластичности, стойкости против коррозии К, выносливости У и релаксации напряжений Р. Очевидно, что для строительных объектов в сейсмически активных районах и особо опасных объектах предпочтительно использовать прокат с повышенной и высокой категорией пластичности, в объектах находящихся в морских районах, а также эксплуатируемых в агрессивных средах будет рекомендована арматура с повышенной коррозионной стойкостью, в

предварительно напряженных конструкциях свое применение найдет арматура с повышенной релаксационной стойкостью, а на объектах инфраструктурного и транспортного строительства можно будет использовать арматуру прошедшую испытание на выносливость.

Такой подход к дифференциации арматурного проката позволит создать арматуре, как конечному продукту, дополнительную стоимость. То есть, если при реализации строительства объекта необходимо использовать обычную арматуру класса А500 без дополнительных требований, то по-новому ГОСТ 34028-2016 [11] такая возможность предоставляется. В то же время, если существует необходимость при реализации строительного объекта использовать арматурный прокат с дополнительными свойствами, то ГОСТ 34028-2016 также предоставляет такую возможность. Несмотря на вероятность более высокой отпускной цены у производителя на продукцию с дополнительными свойствами, связанную с более жесткими режимами прокатки, дополнительным расходом легирующих элементов, необходимостью модернизации оборудования и т.д., тем не менее общие затраты потребителя на арматуру при расчете всего жизненного цикла проекта снизятся.

В настоящее время некоторые металлургические предприятия постепенно начинают освоение производства арматурного проката на соответствие требованиям нового ГОСТ 34028-2016. Рассмотрим некоторые примеры таких работ.

Для оценки возможности производства арматурного проката в соответствии с требованиями нового ГОСТ 34028-2016 были представлены опытные плавки арматурного проката класса А500 и А600 диаметром 12, 18 и 32 мм (таблица 1). Для оценки дополнительных требований к прокату в соответствии с требованиями ГОСТ был принят следующий порядок испытаний:

- оценка прочности сварных соединений, выполненных по ГОСТ 14098-2014 (требования к свариваемости) [12];
- оценка коррозионной стойкости (требования к коррозионному растрескиванию) по проекту нового ГОСТ 34028-2016 Приложение Ж и ГОСТ 31383-2008;
- выносливость (требования стойкости к усталостным многократно повторяющимся нагрузкам) по проекту нового ГОСТ Приложение Е;
- релаксация под напряжением по ГОСТ 28334-89 [12].

В соответствии с требованиями ГОСТ 34028-2016 свариваемость арматуры класса

А500С и А600С гарантируется одновременным выполнением следующих требований:

- химическим составом;
- наличием легирующих элементов;
- значением углеродного эквивалента;
- удовлетворительными результатами испытаний сварных соединений

Химический состав стали по данным завода-изготовителя представлен в таблице 1

Химический состав проката соответствует требованиям ГОСТ 34028-2016, т.е. обеспечивается наличием легирующих элементов, в данном случае ванадия (V), либо вместо введения в сталь легирующих элементов соответствует до-

пустимым значением углеродного эквивалента $C_{экв}$. Значение углеродного эквивалента во всех случаях не превышает 0,50(0,52) %.

Для оценки прочности сварных соединений было изготовлено и испытано 225 образцов. Контроль свариваемости проката выполнялся посредством испытания сварных соединений широко применяющихся в строительстве и в наибольшей степени влияющих на механические свойства. Типы сварных соединений и способы сварки образцов назначались в соответствии с ГОСТ 14098-2014. Методика испытаний сварных образцов принималась в соответствии с ГОСТ 10922-2012 [14].

Таблица 1

Химический состав арматурного проката одного из заводов производителей

Класс	Диаметр	Марка стали	№ плавки	Вид пробы	Массовая доля элементов, %				C _с
					C	Si	Mn	V	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А500	12	Ст3пс	462508	обр. (реж.4)	0,210	0,080	0,477	0,090	0,31
	18			обр. (реж.2)	0,207	0,088	0,477	0,064	0,29
	32	Ст3Гсп	564475	обр. (реж.3)	0,196	0,24	0,90	0,071	0,36
А600	12	Ст3Гпс	562617	обр. (реж.5)	0,210	0,072	0,851	0,089	0,37
	18			обр. (реж.4)	0,214	0,081	0,885	0,066	0,361
	32	18Г2С	564493	обр. (реж.5)	0,218	0,72	1,50	0,071	0,482
А500	12	Ст3Гпс	362213	обр. (реж.1)	0,184	0,067	0,824	0,004	0,32
	18		162117	обр. (реж.1)	0,198	0,074	0,96	0,010	0,36
	32	18Г2С	263407	обр. (реж.1)	0,20	0,73	1,35	-	0,43
Нормативные требования ГОСТ [11]			диаметр 12 мм		≤0,22 (0,24)	≤0,90 (0,95)	≤1,60 (1,70)	≤0,10	≤ 0,50 (0,52)
			диаметр 18 мм						
			диаметр 32 мм						
Требования ГОСТ Р 52544 [3]			диаметр 12 мм		≤0,22 (0,24)	≤0,90 (0,95)	≤1,60 (1,70)	-	0,30- 0,50(0,52)
			диаметр 18 мм						0,40- 0,50(0,52)
			диаметр 32 мм						0,40- 0,50(0,52)

Для оценки степени разупрочнения арматурного проката были выполнены испытания на растяжение по одному образцу целых стержней арматурного проката класса А500 и А600 каждого диаметра.

Испытания целых стержней арматурного проката 12 и 18 мм выполнялись в соответствии с ГОСТ 12004-81 [15] на разрывной машине Instron 5984 (рис.1а). Испытания целых стержней арматурного проката 32 мм выполнялись в соответствии с ГОСТ 12004-81 на разрывной машине производства WPM с максимальным уси-

лием 100 т (рис.1б). В целом результаты исследования свариваемости арматуры класса А500 и А600 позволяют следующие выводы.

Сталь марки Ст3пс с микролегированием при любых способах сварки, применяемых в строительстве, характеризуется показателями прочности выше нормируемых ГОСТ 34028-2016. Однако снижение содержания ванадия (V) от 0,9 % (Ø12 мм) до 0,064 % (Ø18 мм) приводит к снижению прочности до 2,9 % по сравнению с исходным металлом при контактно стыковой сварке и сварке внахлест протяженными швами,

характеризующимися большими тепловложениями. Для стабилизации показателей свариваемости арматуры диаметром 18 мм можно дополни-

тельно снизить содержание ванадия (V) на 20 %, при этом содержание ванадия у арматуры диаметром 12 мм можно понизить на 25 %.



Рис. 1. Испытание образцов целых стержней

Сталь марки Ст3Гсп с микролегированием при любых способах сварки, применяемых в строительстве, характеризуется показателями прочности выше нормируемых ГОСТ 34028-2016 [11]. В большинстве случаев характеризуется разрушением сварных образцов по основному металлу, однако при контактно стыковой сварке, характеризуемой большими тепловложениями, происходит разупрочнение до 675 Н/мм^2 по сравнению с исходным металлом, поэтому представляется возможным снижение содержания ванадия на 20 %, при этом прочность сварных соединений будет не менее 550 Н/мм^2 по ГОСТ 10922-2012 [14].

Сталь марки Ст3Гпс при любых способах сварки, применяемых в строительстве, характеризуется показателями прочности выше нормируемых ГОСТ 34028-2016 [11]. Однако при сварке с большими тепловложениями, например, контактно стыковой сварке, с повышением диаметра арматуры наблюдается снижение прочности сварных соединений по сравнению с целыми стержнями, поэтому представляется, что дифференцированный подход к химическому составу стали, в зависимости от диаметра арматуры, следует принять и для стали Ст3Гпс. Анализ результатов полученных по свариваемости арматуры класса А500С показал, что уровень прочности стыковых сварных соединений составляет для $\varnothing 12 \text{ мм}$ $680 \div 700 \text{ Н/мм}^2$ и для $\varnothing 18 \text{ мм}$ $690 \div 700 \text{ Н/мм}^2$ и может быть снижен до

уровня 650 Н/мм^2 с помощью уменьшения содержания марганца (Mn). Представляется возможным уменьшить количество марганца на арматуре $\varnothing 12 \text{ мм}$ до 0,6 % и $\varnothing 18 \text{ мм}$ до 0,8 %.

Сталь марки Ст3Гпс с микролегированием также при любых способах сварки, применяемых в строительстве, характеризуется показателями прочности выше нормируемых ГОСТ 34028-2016.

Однако, так же как и с микролегированной сталью марки Ст3пс происходит снижение содержания ванадия (V) от 0,89 % ($\varnothing 12 \text{ мм}$) до 0,066 % ($\varnothing 18 \text{ мм}$), что приводит к снижению прочности по сравнению с исходным металлом до 11,0 %. Для улучшения показателей свариваемости рекомендуется снизить содержание ванадия (V) для диаметра 18 мм на 20 % и уменьшить на 25 % для диаметра 12 мм.

Сталь марки 18Г2С с микролегированием также при любых способах сварки, применяемых в строительстве, характеризуется показателями прочности выше нормируемых ГОСТ 34028-2016. Разрушение образцов сварных соединений происходит по основному металлу без разупрочнения по сравнению с исходным металлом, поэтому предлагается снизить значение ванадия (V) до граничных значений по ГОСТ 0,05 %.

Сталь марки 18Г2С при любых способах сварки, применяемых в строительстве, характеризуется показателями прочности выше норми-

руемых ГОСТ 34028-2016 [11]. Большинство сварных образцов разрушились в зоне термического влияния с незначительным разупрочнением по сравнению с исходным металлом, поэтому предлагаем снизить содержание марганца (Mn) до 1,2 %.

В целом по результатам проведенных исследований на свариваемость можно сделать вывод, что соблюдение химического состава в соответствии с требованиями нового ГОСТ 34028-2016 обеспечивает достаточную прочность сварных соединений.

Характер разрешения некоторых сварных образцов показан на рис. 2–4

Помимо испытаний арматуры на свариваемость в соответствии с новым ГОСТ 34028-2016 были проведены испытания на выносливость и релаксацию напряжений.

В соответствии с ГОСТ 34028-2016 арматурный прокат класса А500 и А600 с дополнительными требованиями к выносливости должен выдерживать без разрушения 2 млн. циклов повторяющейся нагрузки. Для контроля выносливости было испытано по 5 образцов арматурного проката диаметром 12 и 18 мм опытного производства каждой марки стали.

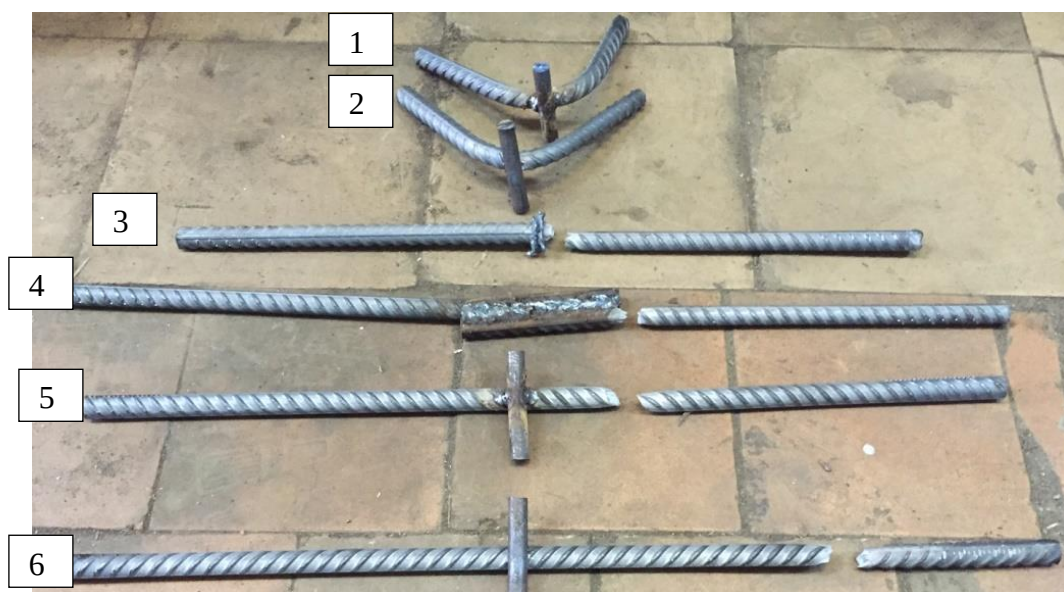


Рис. 2. Характер разрешения арматуры А500С Ø12 мм

1 – ручная дуговая сварка в крест; 2 – контактно-точечная сварка; 3 – контактно-стыковая сварка; 4 – сварка протяженными швами внахлест; 5 – ручная дуговая сварка в крест; 6 – контактно-точечная сварка



Рис. 3. Характер разрешения арматуры А500С Ø18 мм

1 – контактно-точечная сварка; 2 – ручная дуговая сварка в крест; 3 – контактно-стыковая сварка; 4 – сварка протяженными швами внахлест; 5 – контактно-точечная сварка; 6 – ручная дуговая



Рис. 4. Характер разрешения арматуры А500С Ø32 мм

1 – контактно-точечная сварка; 2 – ручная дуговая сварка в крест; 3 – ручная дуговая сварка на скобе накладке; 4 – контактно-стыковая сварка; 5 – контактно-точечная сварка; 6 – ручная дуговая сварка в крест

Перед испытаниями были приняты следующие условия:

- нормальная температура и влажность по ГОСТ 15150 [16];

- испытательная машина – гидравлическая испытательная машина с электронным управлением INSTRON 8802 (рис.5);

- вид нагружения – мягкий;

- база испытаний – 2 млн. циклов;

- максимальное напряжение цикла – 300 Н/мм² (МПа);

- размах напряжения цикла – 150 Н/мм² (МПа);

- частота циклов напряжений – 20 Гц;

- критерий разрушения – полное разрушение в рабочей части сечения образца.



Рис. 5. Испытание образца на выносливость

Результаты испытаний на выносливость показали, что весь арматурный прокат диаметром 12, 18 и 32 мм выдержал более 2 млн. циклов повторяющейся нагрузки и по этой характеристике полностью соответствует требованиям ГОСТ 34028-2016.

В соответствии с новым ГОСТ [11] испытания на релаксацию стержней высокопрочной арматурной стали проводятся при начальной нагрузке 0,7 от нормируемого минимального значения временного сопротивления, при этом релаксация напряжений не должна превышать 4 %.

Для проведения испытаний на релаксацию напряжений арматурных стержней класса А600

диаметром 12, 18 и 32 мм использовали динамометрические рамы конструкции НИИЖБ типа РД-10 и РД-20, прошедшие метрологическую аттестацию в установленном порядке.

Для дополнительного контроля деформаций образцов в процессе их нагружения и после приложения испытательной нагрузки использовали пружинный деформометр конструкции НИИЖБ и индикаторами часового типа ценой деления 0,01 мм, устанавливаемый в динамометрических рамах непосредственно на образец на базе 1×120 мм.

Перед установкой в рамки концы образцов опрессовывались и обваривались (рис. 6).



Рис. 6. Образцы для испытаний на релаксацию

Релаксация напряжений протекает особенно интенсивно в течение первых часов. За это время успевают проявиться около 60 % потерь напряжений, замеренных за 100 часов. Через 1000 часов значение потерь напряжений возрастает в среднем всего на 20–25 %. Анализируя данные релаксации за 336 часов можно сказать, что релаксация напряжений арматуры диаметром 12 и 18 мм класса А600 опытного производства не превысит 4 %. То же самое можно сказать о диаметре 32 мм, значения релаксации которого за 696 часов не превысили 1,67 %.

Выводы. По результатам представленных исследований и в процессе согласования проекта нового ГОСТ в рабочей группе Технического комитета 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов» с заинтересованными производителями и потребителями арматурного проката напрашивается вывод, что в целом металлургии готовы обеспечивать строительный комплекс продукцией с дополнительными характеристиками, что безусловно снизит жизненный цикл строительных проектов вообще и их себестоимость в частности, а также окажет положительное влияние на дальнейшее межотраслевое сотрудничество.

Данный стандарт предусматривает новые требования к арматурному прокату, определя-

ющие работу материала в железобетоне. Прежде всего это касается свойств по деформативности и эксплуатации в бетоне (раздел 6), предусмотрена альтернатива выбора формы профилей. Принятие нового межгосударственного стандарта ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций» [10] позволит металлургам в значительной степени обеспечить строительный рынок качественными видами арматурного проката в соответствии с самыми высокими мировыми требованиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
2. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.
3. ГОСТ Р 52544-2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
4. СТО АСЧМ 7-93 Прокат арматурный периодического профиля. Технические условия.
5. Слышенков С. О., Дячков В. В., Зборовский Л. А. О свариваемости арматуры класса

А500С // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 78-82.

6. ТУ 14-1-5526-2006 Прокат арматурный класса А500СП с эффективным периодическим профилем. Технические условия.

7. ТУ 14-1-5596-2010 Прокат термомеханически упрочненный классов А600С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.

8. ТУ 14-1-5543-2006 «Прокат термомеханически упрочненный класса Ас500С повышенной хладостойкости для армирования железобетонных конструкций. Технические условия».

9. Мадатян С. А., Климов Д. Е., Дьячков В. В. Свойства стержневой арматурной стали при криогенных температурах // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 83-87.

10. Федерального закона от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании».

11.ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия».

12.ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры.

13.ГОСТ 28334-89 Проволока и канаты стальные для армирования предварительно-напряженных железобетонных конструкций. Метод испытания на релаксацию при постоянной деформации.

14.ГОСТ 10922-2012 Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия.

15.ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение.

16.ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

Tsyba O.O., Dyachkov V.V., Savrasov I.P., Panchenko A.I.

ABOUT THE NEW INTERSTATE STANDARD GOST 34028-2016

«STEEL FOR THE REINFORCEMENT FOR CONCRETE»

Currently rebar for reinforced concrete structures is the most popular type of building purpose steel. Increase consumer properties of reinforcing bar is possible with close collaboration of metallurgists and builders. The results of paper of the reinforcing bar in weldability, endurance and stress relaxation in accordance with the requirements of the project of a new GOST 34028-2016 "Steel for the reinforcement for concrete."

Key words: reinforcement bars, concrete structures, welded connections, periodic profile.

Цыба Олег Олегович, кандидат технических наук, руководитель Подкомитета 4 «Арматурный прокат для железобетонных конструкций» при ТК 375 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов», РОССТАНДАРТ. Адрес: Россия, 115404, Москва, ул. Педагогическая, д.4, кв. 2. E-mail: Tsibao081@mail.ru

Дьячков Вячеслав Владимирович, кандидат технических наук, заместитель заведующего центром новых видов арматуры, сварки и армирования железобетона НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство». Адрес: Россия, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6. E-mail: d_vv@mail.ru

Саврасов Иван Петрович, кандидат технических наук, руководитель Сертификационного центра АО «НИЦ «Строительство». Адрес: Россия, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6. E-mail: Savrasov@cstroy.ru

Панченко Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

dronov.andrey.1989@gamil.com

В статье рассмотрены два основных вида процессов депассивации арматурной стали в бетоне: карбонизация бетона защитного слоя и проникновение хлоридов в бетон. Изучены основные особенности коррозионных процессов, вызванных карбонизацией бетона и действием хлоридов, и выполнено их сравнение, на основании которого было установлено, что коррозия арматурной стали под действием хлоридов является наиболее опасной из-за меньших сроков инициации, а также из-за сложности раннего обнаружения и значительной потери площади поперечного сечения арматуры. Описана методика проведения длительных испытаний железобетонных балок под действием гравитационной нагрузки и агрессивной хлоридной среды в целях изучения аспектов питтинговой коррозии. Приведены результаты экспериментальных исследований железобетонных изгибаемых элементов с коррозионными повреждениями арматуры. Установлены особенности развития коррозионных трещин для случаев питтинговой коррозии. Установлен характер распределения коррозионных повреждений арматурных стержней, а также их влияние на прочностные характеристики железобетонных конструкций.

Ключевые слова: коррозия арматуры, питтинг, прочность, железобетонные конструкции.

Введение. Одним из наиболее опасных деградационных процессов в железобетоне является коррозия стальной арматуры в следствие карбонизации бетона или проникновения хлоридов к поверхности стали. Данные типы коррозии отличаются не только продолжительностью периода инициации коррозии, но и самими механизмами депассивации стали в бетоне.

Карбонизация бетона обусловлена растворением гидроксида кальция из цементного камня с последующим образованием карбонатов в поровом пространстве бетона в присутствии влаги и углекислого газа [1]. Уменьшение концентрации щелочных компонентов приводит к снижению щелочности бетона защитного слоя с $pH = 12,5$ до $pH = 9$ и ниже, что создает благоприятную среду для развития коррозии на поверхности арматуры [2]. При равномерном продвижении фронта карбонизации в бетоне коррозия стальной арматуры будет иметь общий характер, при котором потери сечения арматуры распределены равномерно по поверхности вдоль стержня. Данный тип коррозии приводит к раннему появлению коррозионных трещин в бетоне от давления продуктов коррозии, что позволяет выявить развитие коррозионных процессов на ранних этапах. Распространение коррозии по поверхности стали приводит к потере сцепления арматуры с бетоном, нарушая их совместную работу. В работе [3] было экспериментально установлено, что в случае общей коррозии потеря несущей способности железобетонных балок происходит в следствие потери сцепления арматуры с бетоном, а влияние уменьшение площади

поперечного сечения арматуры на прочность балок при испытаниях на изгиб незначительно.

Депассивация арматурной стали в хлоридной среде обусловлена только концентрацией хлоридов на поверхности стали, при этом инициация коррозии может происходить при значениях $pH = 11,5$ [1]. При этом период инициации коррозии может быть значительно ниже, чем при карбонизации. В результате коррозия развивается вглубь стержня в виде питтингов на поверхности стали и приводит к значительным потерям площади поперечного сечения арматуры [4]. Развиваясь локально, питтинговая коррозия приводит к более позднему образованию коррозионных трещин в защитном слое бетона. Однако, следует отметить, что нарушение сцепления арматуры с бетоном в случае питтинговой коррозии практически отсутствует, так как большая часть поверхности стержней остается неповрежденной. В экспериментальной работе [5] было установлено, что снижение несущей способности железобетонных балок практически пропорционально уменьшению площади поперечного сечения продольной рабочей арматуры. В работе [1] говорится, что при наличии в бетоне большого количества хлоридов образуется множество близко расположенных питтингов, что соответствует состоянию общей коррозии.

В табл. 1 произведено сравнение двух видов коррозии стальной арматуры в бетоне, основанное на теоретических и экспериментальных работах [3–8].

Анализируя особенности развития коррозии стальной арматуры в бетоне вследствие карбонизации бетона и действия хлоридов, можно

заклучить, что коррозия арматуры в хлоридной среде является наиболее опасной из-за меньших сроков инициации, а также из-за сложности раннего обнаружения значительных потерь площади поперечного сечения арматуры. В связи с этим, автором были изучены основные осо-

бенности развития питтинговой коррозии стальной арматуры в бетоне и проведены экспериментальные исследования по прочности и деформативности железобетонных однопролетных балок с коррозионными повреждениями арматуры.

Таблица 1

Сравнение видов коррозии стальной арматуры в бетоне

Параметр сравнения	Вид коррозии	
	Коррозия, вызванная карбонизацией бетона	Коррозия, вызванная действием хлоридов
Период инициации коррозии	определяется продвижением фронта карбонизации в защитном слоя бетона	определяется концентрацией хлоридов на поверхности стали
Щелочность бетона в период коррозии	$\text{pH} < 9$	снижение pH не наблюдается
Характер повреждений	общий	локальный
Образование коррозионных трещин	раннее образование трещин, направленных вдоль арматурных стержней	позднее локальное образование трещин
Тип разрушения	потеря сцепления арматуры с бетоном	пластичное, по нормальному сечению

Методология. Автором проведены экспериментальные исследования железобетонных однопролетных балок при длительном действии нагрузки в хлоридной агрессивной среде с целью изучения аспектов питтинговой коррозии [9]. 12 опытных образцов балок прямоугольного сечения размерами поперечного сечения 60 x 100 (h) мм и пролетом 1,4 м подвергались действию агрессивной среды на протяжении 14 и 21 месяцев путем введения добавки NaCl в состав бетонной смеси в соотношении 5 % от массы цемента и последующим смачиванием поверхности образцов. Армирование образцов выполнено в виде плоских каркасов с рабочей армату-

рой из стальных горячекатаных стержней Ø6 мм и Ø8 мм класса A240. Использовано 2 варианта величины защитного слоя бетона: 10 и 15 мм. Класс бетона по прочности на сжатие – B15.

Для анализа коррозии арматуры под нагрузкой балки были загружены сосредоточенной нагрузкой $P = 0,7P_{\text{разр}}$. По окончании периода длительных испытаний образцы были разгружены и испытаны кратковременной нагрузкой на изгиб с доведением до разрушения (рис. 1). Расчетная схема была изменена для получения в середине пролета зоны максимального изгибающего момента.



Рис. 1. Вид испытательного стенда

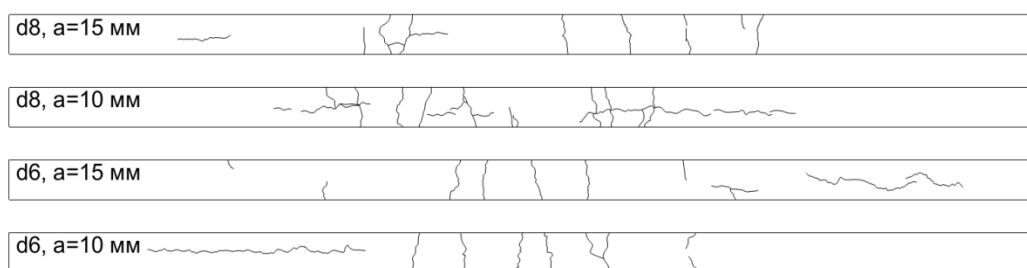
В ходе испытаний производились измерения прогибов в середине пролета посредством индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм, продольных деформаций бетона сжатой и растянутой зон с помощью индикаторов часового типа МИГ-1 с ценой деления 0,001 мм и базой измерения 200 мм, а также тензорезисторов с базой измерения 50 мм. В ходе проведения испытаний регистрировались этапы развития и ширина раскрытия нормальных и наклонных трещин, с помощью микроскопа МПБ-100.

Основная часть. В результате испытаний установлено, что несмотря на равномерное распределение хлоридов в бетоне, коррозия арматуры развивается в виде питтингов с распространением вглубь стержня, что опровергает предположение об общей хлоридной коррозии. Общие потери массы стержней в результате коррозии составили 1,5...2,0 % за 14 месяцев испытаний и 2,0...2,6 % за 21 месяц испытаний. При этом потери площади поперечного сечения

в местах расположения питтингов составили 4...7 % за 14 месяцев испытаний и 6...10 % за 21 месяц испытаний, что до 4 раз превышает потери массы стержней.

Спустя 4 месяца длительных испытаний железобетонных балок на поверхностях нижних граней начали проявляться трещины несилового характера, направленные вдоль рабочей арматуры и вызванные давлением продуктов коррозии стальной арматуры на бетон контактного слоя. На рис. 2 представлены схемы расположения таких трещин совместно с нормальными трещинами силового происхождения на нижних гранях образцов в процессе испытаний. Следует отметить что распределение коррозионных трещин неравномерно по длине арматурных стержней, трещины расположены локально и отсутствуют на некоторых участках развития коррозии. Данные особенности раскрытия коррозионных трещин затрудняют обнаружение развития коррозии арматуры на ранних этапах.

Срок испытаний - 14 месяцев:



Срок испытаний - 21 месяцев:

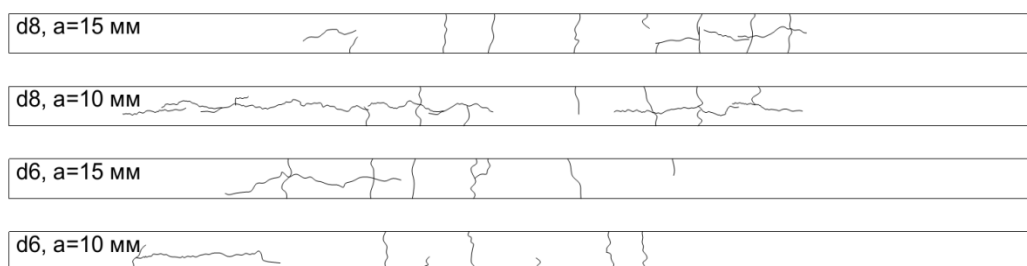


Рис. 2. Схемы расположения трещин на нижних гранях железобетонных балок в процессе испытаний

В результате испытаний балок кратковременной нагрузкой на изгиб установлен пластический тип разрушения по нормальным сечениям в зоне чистого изгиба. Потери сцепления арматуры с бетоном не зарегистрировано. Испытания арматурных стержней с коррозионными повреждениями на разрыв в испытательной машине не показали изменений механических характеристик стали по сравнению с контрольными образцами. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что в случае питтинговой коррозии уменьшение площади поперечного сече-

ния арматуры является решающим фактором, влияющим на снижение несущей способности конструкций.

На рисунках 3–4 изображены диаграммы изменения площади поперечного сечения продольной рабочей арматуры растянутой зоны и несущей способности балок с течением времени. При изменении площади поперечного сечения арматуры диаметром 8 мм на 2,6 % за 14 месяцев и на 5,1 % за 21 месяц произошло снижение прочности балки на 2,6 % и 5,9 % соответственно. При изменении площади поперечного сече-

ния арматуры диаметром 6 мм на 5 % за 14 месяцев и на 7,8 % за 21 месяц произошло снижение прочности балки по нормальному сечению на 5,1 % и 7 % соответственно. В результате можно сделать вывод о том, что уменьшение

площади поперечного сечения арматуры в местах образования питтингов в зоне наибольшего момента изгибаемого элемента приводит к практически пропорциональному снижению несущей способности балок.

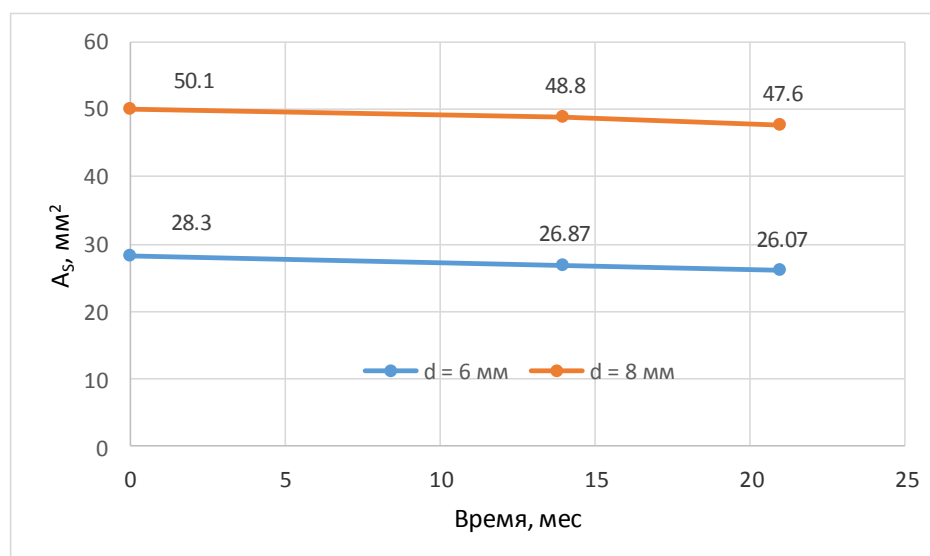


Рис. 3. Диаграмма изменения площади поперечного сечения рабочей арматуры растянутой зоны с течением времени

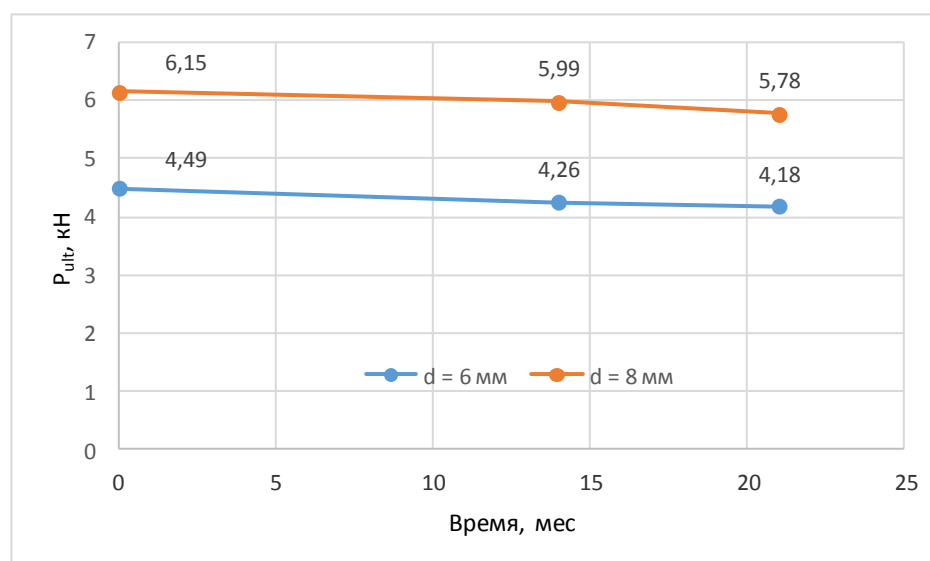


Рис. 4. Диаграмма изменения несущей способности (разрушающей нагрузки) с течением времени

Выводы. Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Питтинговая коррозия, развивающаяся в результате действия хлоридов, является наиболее опасным видом коррозии стальной арматуры в бетоне, т.к. приводит к значительным потерям площади поперечного сечения в местах образования питтингов, а, следовательно, и снижению несущей способности железобетонных конструкций с течением времени.

2. При незначительном общем объеме продуктов коррозии коррозионные трещины либо

не появляются, либо раскрываются на поздних стадиях развития повреждений, что усложняет их выявление.

3. Наличие потери сцепления арматуры с бетоном при питтинговой коррозии незначительно или отсутствует.

4. Уменьшение площади поперечного сечения арматуры в местах образования питтингов в зоне действия наибольшего момента изгибаемого элемента приводит к практически пропорциональному снижению его несущей способности балок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долговечность железобетона в агрессивных средах. С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шисль. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.
2. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен). М.: Изд. АСВ, 2004. 424 с.
3. Mangat P.S., Elgraf M.S. Flexural Strength of Concrete Beams with Corroding Reinforcement // ACI Structural Journal. 1999. № 96. С. 149–159.
4. Stewart M.G. Reliability Safety Assessment of Corroding Reinforced Concrete Structures Based on Visual Inspection Information// ACI Structural Journal. 2010. № 107. С. 671–679.
5. Maaddawy T.E., Soudki K., Topper T. Long-Term Performance of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Beams // ACI Structural Journal. 2005. № 102. С. 649–656.
6. Du Y., Clark L., Chan A. Impact of Reinforcement Corrosion on Ductile Behavior of Reinforced Concrete Beams // ACI Structural Journal. 2007. № 104. С. 285–293.
7. Tachibana Y., Kajikawa Y., Kawamura M., The Mechanical Behaviour of RC Beams Damaged by Corrosion of Reinforcement // Concrete Library of JSCE. 1990. № 14. С. 177–188.
8. Almusallam A.A., Al-Gahtani A.S., Aziz A.R., Dakhil F.H. Effect of Reinforcement Corrosion on Flexural Behaviour of Concrete Slab // Journal of Materials in Civil Engineering. 1996. №8. С. 123–127.
9. Смоляго Г.А., Дронов А.В. Исследование и анализ процессов коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций под действием агрессивной среды // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12-16 мая 2014 г.): в 7 т. Т.3 Арматура и системы армирования. Фибробетоны и армоцементы. Проблемы долговечности. Москва: МГСУ. 2014. С.415–420.

Dronov A.V.**THE PROPERTIES OF PITTING CORROSION OF STEEL REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE BEAMS**

Two types of steel reinforcement depassivation process: carbonation of concrete and chloride penetration are considered in the article. The comparison between the corrosion due to carbonation of concrete and the chloride-induced corrosion was carried out. It was found out, that chlorides induced corrosion is potentially more dangerous than that resulting from carbonation. Method of durable tests of reinforced concrete structures under the action of the gravitational load and the corrosive chloride environment is described in the article. The results of experimental research on reinforced concrete structures with corrosive damages to steel reinforcement are given in the article. The properties of corrosion cracking in the case of the pitting corrosion were determined. The character of corrosive damage distribution along the reinforcement bars and its effect on the strength of reinforced concrete beams were determined.

Key words: corrosion of reinforcement, pitting, strength, reinforced concrete structures.

Дронов Андрей Васильевич, ассистент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: dronov.andrey.1989@gmail.com

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

andbeliy@mail.ru

Санкт-Петербург обладает большим количеством мостовых сооружений, эксплуатируемых на протяжении длительного времени. Преимущественно это объекты, выполненные из железобетона. Среди мостов города множество уникальных сооружений. Специфика содержания мостов в среде мегаполиса характеризуется сложными природно-климатическими и техногенными условиями. Это вызывает появление и развитие многочисленных дефектов и повреждений в конструкциях. Для разработки научно-обоснованных методик оценки и прогнозирования технического состояния эксплуатируемых мостовых сооружений (в частности, железобетонных) необходим достоверный и актуальный анализ данного состояния. Выполнить его можно, сформулировав соответствующие критерии и методы оценки, а также сформировав определенную методологию анализа, что и выполнено в настоящей статье. Обозначены шесть критериев оценки, по которым возможно провести комплексную диагностику мостов Санкт-Петербурга. Результаты анализа подтверждают необходимость специальных подходов к эксплуатации парка мостов мегаполисов, а также на большое число сооружений с крайне неудовлетворительным техническим состоянием.

Ключевые слова: мост, железобетон, долговечность, техническое состояние, анализ.

Введение. Проблемами содержания эксплуатируемых мостовых сооружений и исследованиями их надежности с учетом воздействий факторов различного происхождения занималось большое количество ученых как в нашей стране [1–10], так и зарубежом [11–14].

Проведенный авторами [15, 16] анализ мостового парка Санкт-Петербурга позволяет говорить об уникальности входящих в его состав эксплуатируемых сооружений. Об этом же можно судить, изучая материалы по истории мостостроения в городе на Неве [17, 18]. Однако отметим, что по сравнению с объектами, расположенными на сети дорог общего пользования, искусственные сооружения мегаполисов находятся в более сложных условиях эксплуатации, а потому требуют специальных подходов в управлении техническим состоянием парка мостов [19–22].

Так, специфика строительства и эксплуатации транспортных объектов в Санкт-Петербурге характеризуется наличием негативных факторов (природно-климатического и техногенного характера), активно воздействующих на техническое состояние сооружений. В частности, интенсивность движения и весовые характеристики транспортных нагрузок обуславливают появление повреждений в искусственных сооружениях значительно раньше и развитие более интенсивно, нежели на периферии [19–23].

Выявлено, что современное мостовое хозяйство города характеризуется наличием большого количества железобетонных мостов и путепроводов – около половины от всех эксплуатируемых искусственных сооружений, что

предопределило выбор подобных конструкций в качестве объекта исследования. Среди них имеются как старые сооружения постройки начала XX века, так и относительно новые сооружения постройки середины и конца XX столетия. Оценки надежности и функциональности таких мостовых сооружений должны быть установлены особенно ответственно, с учетом всех неблагоприятных воздействий городской среды Санкт-Петербурга.

Для разработки научно-обоснованных методик учета обозначенных специфических воздействий, оказывающих влияние на долговечность железобетонных мостовых сооружений, в процессе их жизненного цикла, прежде всего необходим достоверный анализ фактического технического состояния эксплуатируемых объектов города.

Методология анализа. Критерии и методы оценки. Для проведения анализа технического состояния автором был сформулирован определенный методологический подход, базирующийся на принципах теории надежности, теории вероятностей и аппарате статистики.

В основу проведенных автором исследований был положен «трехступенчатый» (или «трехэтапный») подход к оценке технического состояния эксплуатируемых железобетонных мостов и путепроводов Санкт-Петербурга.

Первый этап (ступень) – обобщенный анализ общего числа сооружений города, выполненных из железобетона. Число сооружений, подвергнутых анализу – около 300 (это общее количество объектов подобного плана, находящихся на техническом содержании городской

специализированной мостовой организации - СПб ГБУ «Мостотрест»). Данный этап, или «ступень», позволил дать общую картину технического состояния эксплуатируемых железобетонных мостов и путепроводов, получить интересные характеристики всего парка мостовых сооружений в целом.

Второй этап (ступень) – подробный, детальный анализ наиболее значимых петербургских железобетонных мостовых сооружений. Число сооружений, подвергнутых анализу – 30. Критерием отбора из общего числа служили как архитектурные и исторические «заслуги», так и эксплуатационные особенности, и проблемы, возникавшие за годы их существования. Проведение анализа состояния конкретных сооружений на втором этапе определилось необходимостью оценки данных, полученных на предыдущем этапе, и рассмотрения их во времени.

Третий этап (ступень) – фактически явился апробацией предложенной автором методики оценки и прогнозирования технического состояния городских эксплуатируемых мостовых сооружений [16, 22], выполненной на примере трех объектов – моста Александра Невского через Неву, Кронштадтского и Невского путепроводов.

Подробная информация по критериям и методам оценки изложена в соответствующей статье [24], приведем основные положения.

Многими современными исследователями дается разная формулировка основных критериев, по которым следует оценивать уровень технического состояния эксплуатируемого мостового сооружения.

В рамках настоящего исследования были предложены следующие критерии оценки (или в терминологии автора [25] – «потребительские свойства» мостов), по которым следует оценивать уровень технического состояния сооружений в Санкт-Петербурге: «безопасность и комфортность движения», «долговечность», «грузоподъемность», «пропускная способность», «внешний вид», «ремонтпригодность».

Данные критерии основаны на результатах анализа методических отраслевых документов, а также современных научных разработок. Основные источники, подвергнутые анализу, приведены в [5, 8, 26–32].

Под методами оценки следует понимать систему характеристик (в словесной, символьной или числовой форме), отражающих количественную и качественную составляющие дефекта, степень развития повреждения.

Здесь необходимо дать краткое отступление и дать формулировки понятий *повреждение* и *дефект*. В соответствии с [33], «дефект» – это

отклонение фактических свойств объекта от требований нормативных или проектно-конструкторских документов, т.е. нарушение в работе элемента(ов) моста, образовавшееся *до ввода сооружения в эксплуатацию*; «повреждение» – это нарушение свойств объекта в процессе строительства и эксплуатации. Повреждение является результатом воздействия неблагоприятных факторов в процессе эксплуатации моста, при этом одним из таких факторов иногда является наличие дефекта [19].

Однако в сложившейся практике зачастую эти понятия смешивают, и используют термин «дефект» для обозначения всех недочетов, разрушений и повреждений на всех этапах жизненного цикла сооружения. Далее по тексту настоящей статьи будем подразумевать обозначенные термины («дефект» и «повреждение») как синонимы.

Переходя к методам оценки, отметим следующее. Оценить сооружение по тому или иному критерию оценки можно двумя способами.

Первый из них является оценкой в абсолютных характеристиках, когда дефект в элементе сооружения описывается в единицах оценки самого критерия (например, грузоподъемность в тоннах, а долговечность – в годах). Второй метод является способом оценки в относительных характеристиках. Для этого вводится система баллов, классов, степеней, коэффициентов и т.п. В зависимости от количественной и качественной составляющей обнаруживаемого дефекта, ему (дефекту) присваивается определенная категория по каждому критерию. Данный метод оценки реализован во многих нормативных документах [30–32], и также получил развитие в работах многих исследователей [5, 8, 26–29].

Если для отдельного сооружения предпочтительной является оценка по абсолютным характеристикам, с детальной количественной составляющей по каждому критерию, то весь парк мостовых сооружений логично оценивать по относительным характеристикам, выраженным в категориях или баллах, для возможности отображения общей картины в регионе в целом. Подобный подход удовлетворяет принципам управления техническим состоянием большим количеством объектов, что присуще мегаполисам, что находит свое отражение, например, в работе [19].

В результате проведенного обобщенного анализа предлагается число категорий установить равным 5. Наименование категорий – в соответствии с [32].

Не останавливаясь подробно на описании принятых категорий, следует отметить, что ка-

тегории «0» соответствуют сооружениям с незначительными дефектами; категории «1» – с малозначительными дефектами; категории «2» – с значительными дефектами; категории «3» – с опасными дефектами; категории «4» – с критическими дефектами. Схожая классификация дефектов по категориям встречается и в других технических документах и в современных научных разработках.

Исходя из уникальности мостового парка, требующего повышенного внимания и ухода, предлагается учитывать *внешний вид* сооружений при оценке их технического состояния. Это подтверждено, например, в работе [5], где указано, что для условий Санкт-Петербурга оно

стоит наряду с основными функциональными показателями, по которым оцениваются мостовые сооружения. Автором настоящей статьи был предложен способ оценки внешнего вида мостовых объектов Санкт-Петербурга в относительных характеристиках [34], учитывающий расположение сооружений в черте города и местонахождение ("видимость") повреждения.

Результаты оценки. На основании обозначенных шести критериев была проведена детальная оценка состояния мостовых железобетонных сооружений Санкт-Петербурга.

Статистика распределения количества дефектов и повреждений по каждому критерию оценки приведена на рисунках 1–6.

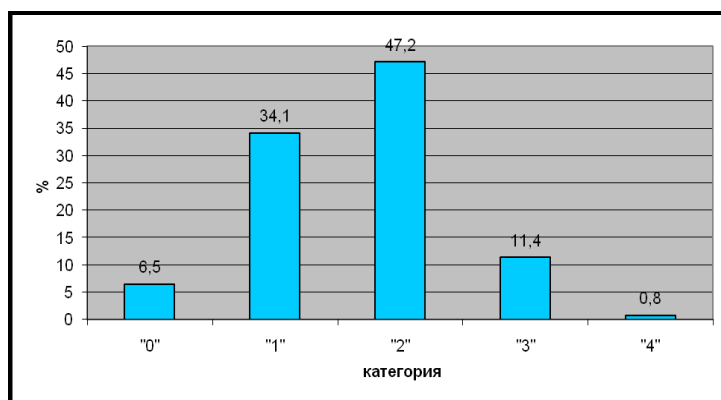


Рис. 1. Распределение количества повреждений в зависимости от категории по критерию «безопасность и комфортность движения»

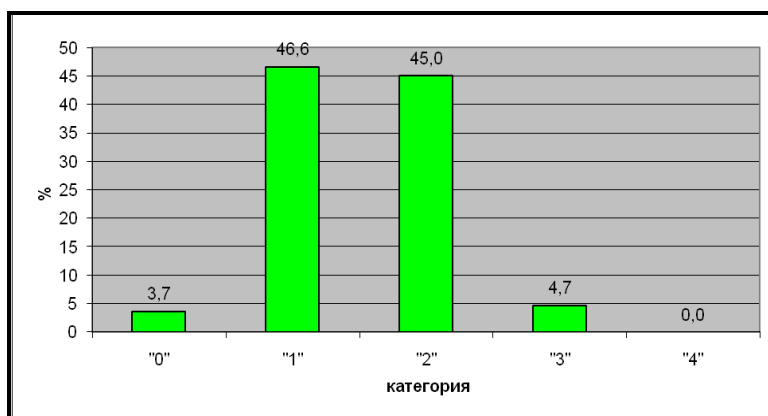


Рис. 2. Распределение количества повреждений в зависимости от категории по критерию «долговечность»

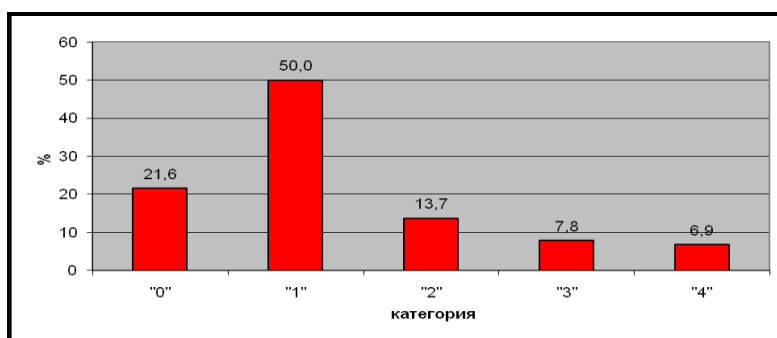


Рис. 3. Распределение количества повреждений в зависимости от категории по критерию «грузоподъемность»

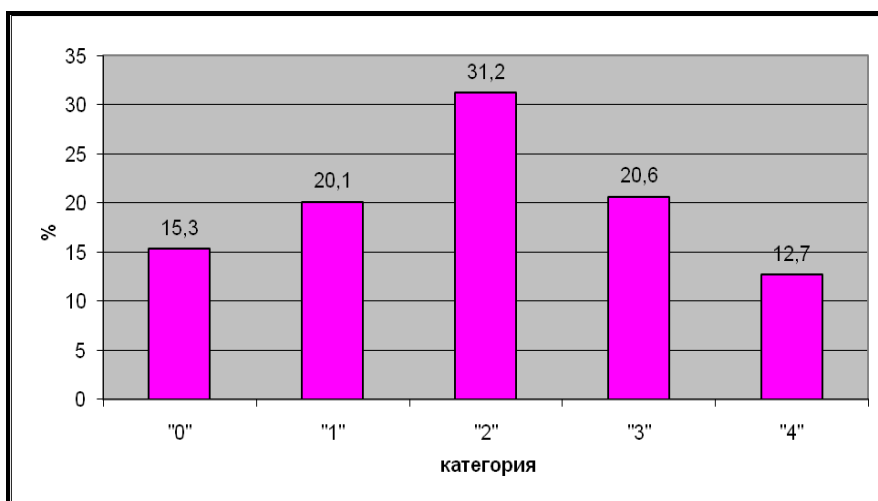


Рис. 4. Распределение количества повреждений в зависимости от категории по критерию «внешний вид»

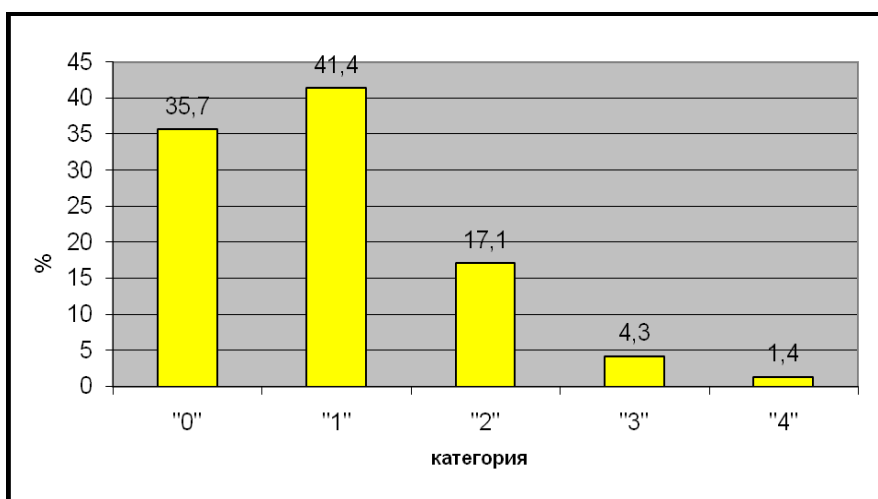


Рис. 5. Распределение количества повреждений в зависимости от категории по критерию «пропускная способность»

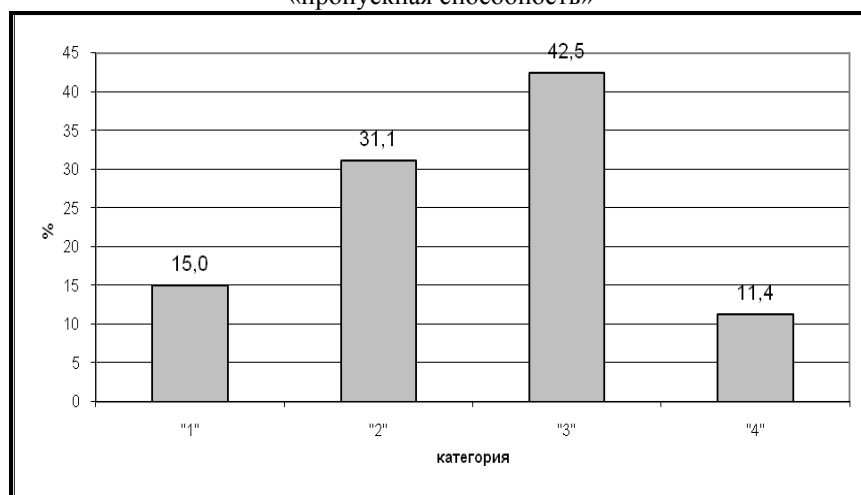


Рис. 6. Распределение количества повреждений в зависимости от категории по критерию «ремонтопригодность»

Автором также была проанализировано воздействие конкретных факторов на каждый из критериев оценки (т.е., что в большей степени влияет, к примеру, на грузоподъемность, а что –

на пропускную способность). При этом зачастую случается, что негативный фактор влияет сразу на несколько критериев оценки (что отражено на диаграмме рис. 7). Процентное отноше-

ние числа конкретных зафиксированных повреждений, воздействующих на тот или иной критерий оценки, от общего числа отмечаемых на сооружении дефектов, варьируется от 19,72% до 100 % (см. рис. 8).

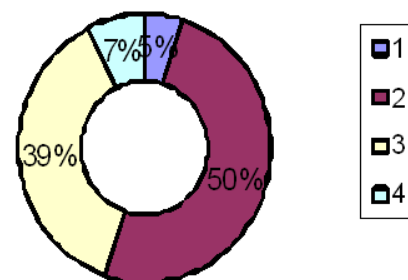


Рис. 7. Влияние негативных факторов на количество критериев оценки



Рис. 8. Отношение числа дефектов, воздействующих на критерий оценки, к общему количеству дефектов

Графическое представление зависимостей «фактор-критерий» по отдельности не приводится, дадим общую картину зависимости дефектов и повреждений от факторов (рис. 9), выполненную с учетом введенных автором понятий «нагруженность критерия» и «коэффициент нагруженности» (см. табл. 1).

Также приведем данные по распределению зафиксированных дефектов между макроэлементами мостового сооружения (пролетное строение, опора, мостовое полотно) – см. рис. 10.



Т - техногенные факторы

Ти - интенсивность движения

Твн - величина временной нагрузки

Тпр - ошибки на стадии проектирования

Тст - ошибки при строительстве

Тэ - ошибки при эксплуатации

П - природно-климатические факторы

Пв - влажностные воздействия

Пз - многократное циклическое замораживание-оттаивание

Пс - соленость среды

Рис. 9. Зависимость дефектов сооружений от факторов

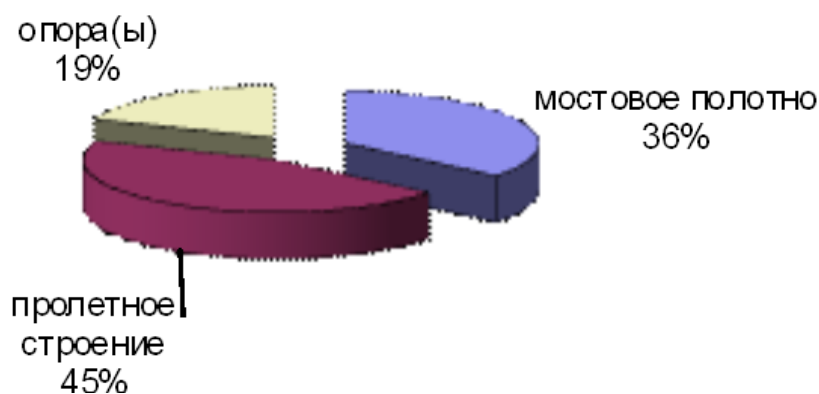


Рис. 10. Распределение дефектов по макроэлементам сооружения

Таблица 1.

Сводные данные анализа технического состояния железобетонных мостовых сооружений

Категория дефекта/повреждения	0	1	2	3	4	"Нагруженность" критерия	Коэффициент нагруженности K_j (удельный вес дефектов, влияющих на критерий)
Критерий оценки (F_i)							
Безопасность и комфортность движения	6,5	34,1	47,2	11,4	0,8	37,70	0,106
Долговечность	3,7	46,6	45,0	4,7	0,0	78,01	0,219
Грузоподъемность	21,6	50,0	13,7	7,8	6,9	42,93	0,120
Внешний вид	15,3	20,1	31,2	20,6	12,7	78,52	0,220
Пропускная способность	35,7	41,4	17,1	4,3	1,4	19,72	0,055
Ремонтопригодность	-	15,0	31,1	42,5	11,4	100,00	0,280
Среднее арифметическое	16,56	41,44	37,06	18,26	6,64		
Среднее с учетом коэффициента нагруженности ($\sum F_i K_j$)	9,434	30,717	32,993	19,848	6,98		

Выводы. Выполнен анализ технического состояния эксплуатируемых железобетонных мостовых сооружений Санкт-Петербурга по сформулированным критериям и методам оценки.

Полученные конкретные результаты свидетельствуют, что:

- преобладающими факторами, снижающими уровень технического состояния мостового сооружения, являются влажностные воздействия (26,7 %), ошибки на стадии проектирования (16,1 %) и недостатки эксплуатации (23,6 %);

- наиболее подверженным среди макроэлементов сооружения воздействиям перечисленных факторов при суммарной оценке по всем критериям является пролетное строение (45 % от общего числа дефектов); дефекты в опорах – в среднем в 19 %, на мостовом полотне – в 36 % случаев;

- в большинстве случаев один фактор влияет на 2 и более критерия оценки одновременно;

- процентное отношение числа дефектов, воздействующих на критерий оценки, варьиру-

ется от 19,72 % («пропускная способность») до 100 % («ремонтопригодность»).

Сформулированные автором понятия «нагруженность критерия» и «коэффициент нагруженности» позволяют более точно оценить количество сооружений, относимых к той или иной категории состояния объекта, что может быть полезно при комплексной оценке и диагностике парка мостовых сооружений.

Вместе с тем выявлено, что общее количество сооружений подобного плана с опасными и критическими дефектами в элементах, требующими введения существенных функциональных ограничений и незамедлительных работ капитального характера, составляет порядка 1/4 от общего их числа. Это достаточно высокий уровень, который, во-первых, указывает на сложную специфику содержания объектов в условиях мегаполисов (в частности, Санкт-Петербурга), а во-вторых, требует пристального внимания организации-субъекта эксплуатации и контролирующих организаций с целью приня-

тия скорейших мер по устранению накопившегося «недоремонта» мостов города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нечаев Ю.П. Долговечность искусственных сооружений // Эксплуатационная надежность искусственных сооружений. М.: Изд. Транспорт, 1989. С. 67–72.
2. Виноградский Д.Ю., Руденко Ю.Д., Шкуратовский А.А. Эксплуатация и долговечность мостов. К.: Изд. Будівельник, 1985. 104 с.
3. Овчинников И.Г., Козлов И.Г. Управление эксплуатацией мостовых сооружений. Саратов: Изд. СГТУ, 1998. 92 с.
4. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов. М.: Изд. «Инженер», 2001г., 296 с.
5. Васильев А.И. Методология системного подхода к нормированию и натурным исследованиям автодорожных мостов. Автореф. дис. докт. техн. наук. М., 2003. 65с.
6. Вдовенко А.В., Бегун С.Е., Кулиш В.И. Сервис и мониторинг дорожных сооружений. Хабаровск: Изд. «Спецмост», 2004. 689 с.
7. Скоробогатов С.М. Ускоренное обследование массивных и протяженных железнодорожных сооружений, и конструкций // Транспорт Урала №1/2004. Екатеринбург: УрГУПС. 2004. С. 60 – 68.
8. Шестериков В.И. Оценка и прогнозирование состояния мостов на автомобильных дорогах в системе управления их эксплуатацией. Автореф. дис. докт. техн. наук. М., 2004. 48с.
9. Добромыслов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам: Справочное пособие. М.: Изд. АСВ, 2006. 72 с.
10. Карапетов Э.С., Шестовицкий Д.А. Проблема долговечности железобетонных мостов // Новые технологии в мостостроении (от прошлого к будущему). Сборник трудов Международной научно-технической конференции 2015 года. СПб: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2015. С. 111-116.
11. Brückenerhaltung. Bienert G., Hoffmann G., Pitloun R., Rinck K.-H., Sauer R., Schmitt K. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1974. 640 p.
12. Лантух-Лященко А.И. В поисках концепции управления долговечностью элементов железобетонных автодорожных мостов // Электронный архив журнала Вестник Национального транспортного университета. Выпуск 26. Часть 1. 2012 г.
13. Sýkora M., Holický M., Marková J. Verification of existing reinforced concrete bridges using the semi-probabilistic approach // Engineering Structures (56) // <https://www.journals.elsevier.com/engineering-structures> // 2013. Pages 1419-1426.
14. Steenbergen R., Sýkora M., Diamantidis D., Holický M., Vrouwenvelder T. Economic and human safety reliability levels for existing structures // Structural Concrete Volume 16, Issue 3 // Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin, September 2015. Pages: 323–333.
15. Карапетов Э. С., Белый А. А. Эксплуатационное состояние железобетонных мостовых сооружений Санкт-Петербурга / Сборник трудов «125 лет в мостостроении» // СПб.: ИПГУПС, 2008. С. 62-68.
16. Белый А.А. Способ оценки технического состояния железобетонных мостов и путепроводов Санкт-Петербурга // Транспортное строительство. 2009. № 6. С. 10–13.
17. Богданов Г.И. Мосты и Петербург: монография. СПб.: Изд. Белое и черное, 2007. 255 с.
18. Богданов Г.И. История мостостроения: учеб. пособие. СПб.: Изд. Нестор-История, 2013. 168 с.
19. Рузов А.М. Эксплуатация мостового парка. М.: Изд. Академия, 2007. 176 с.
20. Бенин А.В., Карапетов Э.С., Белый А.А. Особенности содержания, ремонта и реконструкции мостовых сооружений на городских магистралях Санкт-Петербурга / Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития». Екатеринбург: УрГУПС, 2008. С.12.
21. Богданов Г.И. Проблемы эксплуатационной надежности и безопасности городских мостов // Журнал «Мир дорог», №46. СПб: ООО «Издательский дом «Мир», 2010. С. 34–35.
22. Белый А.А. Основные положения методики прогнозирования сроков службы эксплуатируемых железобетонных мостовых сооружений // Научно-практический журнал «Наука и бизнес: пути развития», №10 (64). Тамбов: Изд. «Фонд развития науки и культуры». 2016. С. 9–20.
23. Карапетов Э.С., Мячин В.Н., Фролов Ю.С. Содержание и реконструкция городских транспортных сооружений: учеб. пособие. Москва.: ФГБОУ «УМЦ ЖДТ», 2013. 300 с.
24. Карапетов Э.С., Белый А.А. Методы оценки технико-эксплуатационных показателей железобетонных мостовых сооружений Санкт-Петербурга // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2009. № 2. С. 177–187.
25. Васильев А.И. Потребительские свойства мостов / Вопросы нормирования потреби-

тельских свойств мостов. М.: ОАО «ЦНИИС», 2002. С. 8–23.

26. Бокарев С.А. Управление техническим состоянием искусственных сооружений железных дорог России на основе новых информационных технологий. Новосибирск: МПС РФ, СГУПС, 2002. 276 с.

27. Сырков А.В. Критерии технического состояния и количественная оценка износа мостовых конструкций. / Сборник докладов Международного научно-практического семинара «Прогрессивные технические решения и мониторинг в строительстве, ремонте и содержании мостовых сооружений» // Нижний Новгород, 2007. С.18–20.

28. Сырков А.В. Развитие методов количественной оценки деградации мостовых сооружений. / Сборник докладов 65-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета // СПбГАСУ. 2008. С.75–79.

29. Васильев А.И. Состояние и проблемы нормирования мостов / Сборник докладов Всероссийской конф. «Актуальные проблемы про-

ектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений». // СПб: 2008. С. 30–32.

30. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах ВСН 4-81(90). Министерство автомобильных дорог РСФСР, Москва, 1990.

31. Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций ОДН 218.017-2003. Министерство транспорта РФ, Росавтодор, Москва, 2003.

32. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах ОДМ 218.4.001-2008. Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), Москва, 2008.

33. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1990. 37с.

34. Карапетов Э.С., Белый А.А. Внешний вид как одно из важнейших свойств, определяющих эксплуатационное состояние городских мостовых сооружений // Журнал «Мир дорог», № 62. СПб: ООО «Издательский дом «Мир», 2012. С. 30–32.

Belyi A.A.

TECHNICAL CONDITION ANALYSIS OF SAINT-PETERSBURG OPERATED REINFORCED CONCRETE BRIDGE CONSTRUCTIONS

St. Petersburg possesses a large number of bridge constructions operated throughout a long time. Mainly these are objects made of reinforced concrete. Among bridges of the city there is a set of unique constructions. Specifics of bridges maintenance in megalopolis environment are characterized by difficult climatic and technogenic conditions. It causes emergence and development of numerous defects and damages in designs. For development of scientifically based techniques of assessment and forecasting of technical condition of the operated bridge constructions (in particular, reinforced concrete) the authentic and urgent analysis of this state is necessary. It is possible to execute it, having formulated the corresponding criteria and methods of assessment, and also having created a certain methodology of the analysis, as it is executed in the present article. Six evaluation criteria on which it is possible to carry out complex diagnostics of bridges of St. Petersburg are designated. Results of the analysis confirm need of special approaches to operation of megalopolises bridges park and also on a large number of constructions with extremely unsatisfactory technical condition.

Key words: bridge, reinforced concrete, durability, technical condition, analysis.

Белый Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

Петербургский государственный университет путей сообщения им. Императора Александра I, кафедра «Мосты».

Адрес: Россия, 190031, Северо-Западный федеральный округ, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9.

E-mail: andbeliy@mail.ru

Фролов Н.В., ст. препод.,
Полоз М.А., аспирант,
Ноурузи М.Ш., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В АРМОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

frolov_pgs@mail.ru

В статье проанализирован опыт применения неметаллической полимеркомпозитной арматуры в различных армобетонных конструкциях. Выявлено, что в России полимеркомпозитная арматура является относительно новым строительным материалом, масштабное производство и внедрение которого начинает осуществляться только сейчас. Анализ показал, что бытующее мнение о целесообразности использования полимеркомпозитной арматуры лишь в преднапряженных армобетонных конструкциях является неверным позиционированием по области применения. В объединении интересов научных работников, проектных институтов, изготовителей и потребителей полимеркомпозитной арматуры отмечается важная роль Ассоциации организаций по производству и применению неметаллической арматуры и изделий из нее «Неметаллическая композитная арматура».

Ключевые слова: полимеркомпозитная арматура, армобетонная конструкция, анализ, исследование, агрессивная среда.

Введение. В результате длительного воздействия агрессивной среды на железобетонные конструкции в них могут возникнуть и активно протекать коррозионные процессы стальной арматуры, что с течением времени приводит к уменьшению ее площади, изменению деформативно-прочностных характеристик, отслоению защитного слоя бетона и другим негативным последствиям. Как отмечено в работах [1, 2], коррозионные повреждения арматурной стали являются одной из главных причин снижения долговечности железобетона.

Повышение долговечности как вновь изготавливаемых, так и эксплуатируемых армобетонных конструктивных элементов некоторые ученые связывают с применением неметаллической полимеркомпозитной арматуры [3–5], которая обладает высокой стойкостью к воздействиям сульфатов и хлоридов, а также хорошо воспринимает другие средовые и силовые факторы.

Полимеркомпозитную арматуру можно применять для армирования обычных и предварительно напряженных конструкций, эксплуатируемых в средах с различной степенью агрессивного воздействия, подверженных влиянию магнитных волн и др.

В частности такую арматуру уже используют при изготовлении: конструкций сооружений очистных колодцев [6] и химических производств; элементов сооружений систем канализации и водоотведения [7]; дорожного полотна и железнодорожных шпал [8], а также мостовых конструкций; элементов морских и припортовых сооружений; конструкций медицинских учреждений и лабораторий с высокочувствительной

аппаратурой; конструкций сооружений ЛЭП; трансформаторов высокого напряжения. Помимо этого полимеркомпозитная арматура используется в усилении конструкций при реконструкции зданий и сооружений [9, 10].

Основная часть. Широкое практическое применение полимеркомпозитной арматуры сдерживается недостаточной изученностью ее свойств и относительно высокой стоимостью. При этом совершенно очевидно, что ввиду заметной активизации исследовательских работ и наметившейся тенденции снижения стоимости исходных материалов область применения строительных конструкций, армированных композитной арматурой, в ближайшие годы будет расширена.

Целесообразность применения полимеркомпозитной арматуры в несущих строительных конструкциях описывается в публикациях [3, 11–13].

В работе [11] выполнен расчет количества стеклопластиковой арматуры (СПА) и вязальной проволоки, необходимой для устройства ленточного фундамента. Исходя из анализа сравнения материалов, можно сказать о том, что СПА дешевле и легче аналогов – металлической арматуры. При замене стальной арматуры на СПА, можно сэкономить на 1 погонном метре длины стержней до 10 %. В исследованиях [12] по результатам технико-экономического сравнения дано обоснование применения полимеркомпозитной арматуры в статически неопределимых неразрезных железобетонных балках и плитах в качестве надпорной арматуры при сохранении в пролетных сечениях армирования из стальной арматуры. Сопоставление данных по стоимости

и трудоемкости показало, что вариант с комбинированным армированием балок, позволяет снизить стоимость и трудоемкость на 2,9 % и 25,7 % соответственно, что при больших объемах строительства приведет к весомому экономическому эффекту. Выполненный экономический расчет в работе [3] показал, что замена в конструкциях дорожного строительства и фундаментов металлической арматуры на полимеркомпозитную с использованием стеклянного или базальтового ровинга позволяет снизить затраты до 25 % на 1 м³ бетона. Таким образом, применение полимеркомпозитной арматуры может не только повысить коррозионную стойкость строительных конструкций, но и снизить стоимость и трудоемкость их изготовления.

На протяжении последних 30–40 лет полимеркомпозитная арматура активно изучается в странах Северной Америки, Европы и Японии, где ее производство и использование закреплено на уровне государственных стандартов и норм проектирования [15].

За рубежом подробно исследовано влияние прочности бетона, а также различных геометрических параметров стеклопластиковых арматурных стержней (диаметра, радиуса загиба, длины прямого и загнутого участка) на прочность их сцепления с бетоном при действии равномерно распределенной статической нагрузки. Результаты экспериментальных исследований, приведенные в [16], подтверждают высокую несущую способность стеклопластиковых арматурных стержней и позволяют рекомендовать их для композитобетонных конструкций.

Начало исследований в области полимеркомпозитных материалов и их использования в нашей стране было положено в 60-х годах двадцатого столетия, когда Советский Союз входил в тройку лидеров по исследованию, производству и применению композитных материалов. Большой вклад в изучение композитных материалов того времени внесли известные в области теории и практики железобетона ученые: Н.И. Ахвердов, О. Я. Берг, А. А. Гвоздев, Н. Г. Литвинов, В. Ф. Набоков, Н.П. Фролов и другие [17].

Однако отсутствие финансирования отраслевой науки после событий 90-х годов, отодвинули дальнейшие исследования этих материалов, сведя производство композитных материалов практически до нуля. В результате, пальма первенства в этом вопросе перешла к западным и североамериканским странам, композитная продукция которых теперь широко представлена [14]. Исследовательские работы были возобновлены около 10-15 лет назад, поэтому в России композитная арматура – относительно новый

строительный материал, масштабное производство и внедрение которого начинает осуществляться только сейчас. При этом проведенные до этого исследования не пропали даром.

В 1975 и 1984 годах стеклопластиковая арматура диаметром 6 мм была применена в строительстве опытных преднапряженных конструкций мостов. Прочность арматуры на растяжение составляла 1200 МПа, однако, учитывая низкий модуль упругости (30–40 ГПа), в поперечном сечении балок располагались стержни из алюмоборсиликатного волокна диаметром 10 мкм, количество связующего не превышало 20 % по массе. В 2006 году сотрудниками НИИЖБ им. Гвоздева было изучено состояние некоторых таких конструкций. Обследование опытных пролетных строений не выявило серьезных нарушений и подтвердило необходимость проведения дальнейших более детальных экспериментов с получением статистических данных по изменению сцепления с бетоном, прочностным и деформативным характеристикам полимеркомпозитной арматуры, в том числе длительной прочности.

Основополагающими отечественными работами при изучении вопросов повышения коррозионной стойкости бетонных конструкций с использованием неметаллической композитной арматуры являются исследования профессора В.Ф. Степановой. Под ее руководством выполнены работы по изготовлению и внедрению конструкций с применением неметаллической арматуры в дорожных конструкциях, фундаментах и ограждающих конструкциях.

В 2012 г. была образована Ассоциация организаций по производству и применению неметаллической арматуры и изделий из нее «Неметаллическая композитная арматура», целью которой является объединить интересы науки, проектных институтов, изготовителей и потребителей такой арматуры. Так, в 2013–2014 гг. с участием Ассоциации выполнены заводские испытания дорожных плит и плит перекрытия, изготовлены и испытаны экспериментальные забивные сваи, армированные СПА, длиной 10 и 12 м. В сотрудничестве с НИИЖБ им. А.А. Гвоздева и ОАО «КТБ ЖБ» выполнены расчеты и забетонированы армированные СПА фундаментные плиты объемом бетона 1250 м³ и 6000 м³ для двух офисных зданий. Кроме того, разработаны ТУ и проведены сертификационные испытания композитной арматуры для ряда предприятий (ООО ТД «ЕвроПластГрупп», ООО ПКФ «Армапласт»).

Теоретические и опытно-промышленные исследования В.Ф. Степановой были заложены при разработке и издании первого основопола-

гающего стандарта ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная. Общие технические условия». В настоящее время ведутся работы по созданию свода правил по расчету и проектированию конструкций, армированных неметаллической композитной арматурой.

Низкая теплопроводность композитных стержней предопределила их эффективное использование в качестве связей многослойных стеновых конструкций. По результатам сравнительных испытаний трехслойных стеновых панелей на сдвиг слоев относительно друг друга, в которых использованы стеклопластиковые и металлические связи, установлено, что стеклопластиковая арматура обеспечивает требуемый уровень жесткости и прочности, предъявляемый к гибким связям [18].

Особый интерес представляет использование неметаллической арматуры в предварительно напряженных железобетонных конструкциях. В настоящее время применяют в основном три способа напряжения бетонных конструкций со стержневой арматурой: натяжения на упоры, натяжение на бетон и метод непрерывной навивки. При этом наиболее распространенным, как и для железобетонных конструкций, является способ натяжения на упоры. Для этого механическим путем арматуру вытягивают на заданную величину с помощью захватных устройств и закрепляют на бортовые элементы жесткой металлической формы. Во избежание смятия концевых участков арматуры в качестве захватных устройств необходимо использовать специальные анкерные приспособления. После бетонирования, термовлажностной обработки и набором бетоном 70 % прочности усилие обжатия передается на бетон благодаря наличию сцепления арматуры с бетоном [19].

Также полимеркомпозитная арматура может быть эффективно использована и для армирования ненапрягаемых конструкций, так как при той же величине модуля упругости ее прочность может колебаться в широких пределах. Для изготовления ненапрягаемой композитной арматуры могут быть использованы менее дефицитные, дешевые аппретирующие составы и связующие, что наряду с использованием сравнительно дешевого волокна снизит отпускные цены на арматуру.

В работе [20] представлены результаты экспериментальных исследований прочности, трещиностойкости и деформативности изгибаемых элементов, армированных предварительно напряженной стеклопластиковой арматурой.

Установлено, что преднапряженные балки, армированные СПА, имеют меньшую деформативность (до 130 %) по сравнению с балками,

армированными базальтопластиковыми стержнями без предварительного напряжения. В балках при преднапряжении стеклопластиковой арматуры на 250 МПа, значения несущей способности сечений близки к значениям, полученным для образцов со стальной арматурой, а при преднапряжении на 400 МПа соответственно больше до 23 %.

Этим же автором в работе [21] приведены результаты исследований балок, армированных стеклопластиковой и базальтопластиковой арматурой без преднапряжения. Выявлено, что опытные значения разрушающих усилий балок, армированных СПА, превышают теоретическую несущую способность, вычисленную по нормам, в 2,0–3,7 раза, армированных БПА – в 1,5–2,1 раза. Объясняется это использованием избыточных коэффициентов надежности. Занижение расчетного сопротивления композитной арматуры приводит к неточному определению характера разрушения изгибаемых элементов и переармированию конструкций.

В работах профессора Польского П.П. [22, 23] рассматриваются вопросы, связанные с прочностью и деформативностью изгибаемых железобетонных элементов из тяжелого бетона, в которых стальная арматура полностью или частично заменяется на стержневую стеклопластиковую и углепластиковую.

Установлено, что прочность нормальных сечений таких балок на 13–22 % ниже, а деформативность более чем в 2,5 раза выше по сравнению с обычными железобетонными.

Опытные прогибы балок с комбинированным армированием находятся в прямой зависимости от количества композитной арматуры. Так, стеклопластиковая арматура сечением менее 30 % от общей ее площади, практически не влияет на увеличение прогибов. При изменении процента композитного армирования в большую сторону прогибы балок резко возрастают.

При этом по утверждению Польского П.П., действующая расчетная база железобетонных конструкций существенно завышает несущую способность нормальных сечений балок пропорционально проценту замещения стальной арматуры на композитную, что противоречит исследованиям [20, 21]. Поэтому, существующий расчетный аппарат требует серьезной корректировки.

Анализ результатов большого количества экспериментальных исследований изгибаемых бетонных элементов с полимеркомпозитной арматурой без предварительного напряжения показывает, что доминирующим фактором при определении несущей способности нормальных сечений балок является не прочность неметал-

лической арматуры, а более низкий, чем у стали модуль упругости, что должно найти отражение при расчете композитно-армированных балок по второй группе предельных состояний [24].

Расчетная методика для определения прочности, трещиностойкости и деформативности изгибаемых армобетонных элементов с различным содержанием в растянутой зоне бетона полимеркомпозитной и стальной арматуры представлена в работах [25–27]. Данная методика основана на деформационной расчетной модели изгибаемых железобетонных конструкций с учетом энергетического критерия разрушения бетона [28]. Сопоставление результатов экспериментальных исследований и теоретических расчетов показывает, что предлагаемая методика расчета в целом достаточно хорошо отражает характер деформирования изгибаемых бетонных элементов с полимеркомпозитной арматурой под нагрузкой.

Выводы. Проведенный анализ тематических исследований показал, что бытующее до последних десятилетий мнение о целесообразности использования полимеркомпозитной арматуры лишь в преднапряженных бетонных конструкциях является неверным позиционированием по области применения. Помимо этого, препятствиями для более широкого внедрения полимеркомпозитной арматуры в производство строительных конструкций выступают: отсутствие нормативной методики расчета таких конструкций (здесь за основу может принята экспериментально отработанная методика, предлагаемая авторами указанных выше работ); недостаточно изучен опыт эксплуатации изделий с данной арматурой; отсутствуют требования по ширине раскрытия трещин; не нормированы характеристики сцепления арматуры с бетоном и не оптимизирован ее поверхностный слой; нет единой методики по определению механических свойств арматуры; не оптимизирована технология изготовления арматуры. Весьма существенным недостатком композитобетонных конструкций является их малая огнестойкость.

Необходимы дополнительные исследования, направленные на решение затронутых в данной работе проблем и на обоснование более интенсивного применения арматуры на основе волокна и полимерного связующего в бетонных конструкциях, что позволит добиться оптимальных технико-экономических результатов при проектировании конструкций рассматриваемого типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Дронов В.И., Дронов А.В., Меркулов С.И. Изучение влияния дефектов железобетонных конструкций на развитие коррозионных процессов арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 25–27.
2. Смоляго Г.А., Дронов А.В. Исследование и анализ процессов коррозии стальной арматуры железобетонных конструкций под действием агрессивной среды // Бетон и железобетон - взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: в 7 томах. 2014. С. 415–420.
3. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю. Неметаллическая композитная арматура для бетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 45–47.
4. Римшин В.И., Меркулов С.И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 5. С. 38–42.
5. Римшин В.И., Меркулов С.И. О Нормировании характеристик стержневой неметаллической композитной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 22–26.
6. Гриценко М.Ю., Щуцкий В.Л. Применение композитной арматуры: перспективы внедрения // Новое слово в науке: перспективы развития: сборник материалов II международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2014. С. 68–69.
7. Барабанщиков Ю.Г., Беляева С.В. Стеклопластиковая арматура для гидротехнического строительства // Труды СПбГТУ № 502. Строительство. К 100-летию Инженерно-строительного факультета. Санкт-Петербург, 2007. С. 202–210.
8. Бондарев Б.А., Сапрыкин Р.Ю., Бондарев А.Б. Стеклопластиковая арматура в элементах конструкций лесовозных железных дорог // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-4 (8-4). С. 286–289.
9. Есипов С.М. Усиление железобетонных колонн внешним армированием из композиционных материалов // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы Международных академических чтений. 2014. С. 191–199.
10. Есипов С.М. Композитные материалы для усиления строительных конструкций // Образование, наука, производство. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 2475–2479.
11. Птухина И.С., Туркебаев А.Б., Тлеуханов Д.С. [и др.] Эффективность использования

инновационных композитных материалов в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 9 (24). С. 84–96.

12. Рахмонов А.Д., Соловьев Н.П. Предложения по применению композитной арматуры в каркасах зданий // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2013. № 5. С. 69–74.

13. Уманский А.М., Беккер А.Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2012. № 2. С. 7–13.

14. Фролов Н.В. Современная классификация полимеркомпозитной арматуры // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4-1. С. 154–157.

15. Теплова Ж.С., Киски С.С., Стрижкова Я.Н. Стеклопластиковая арматура для армирования бетонных конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 9. С. 49–70.

16. Малбиев С.А., Горшков В.К., Разговоров П.Б. Полимеры в строительстве: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2008. 456 с.

17. Кустикова Ю.О., Римшин В.И. Напряженно-деформированное состояние базальтопластиковой арматуры в железобетонных конструкциях // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 6–9.

18. Грановский А.В., Хактаев С.С. Применение стеклопластиковой арматуры в качестве гибких связей в трехслойных стеновых панелях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 10. С. 84–87.

19. Дронов А.В., Дрокин С.В., Фролов Н.В. Экспериментальное исследование сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 80–83.

20. Антаков А.Б., Антаков И.А., Гиздатуллин А.Р. Экспериментальное исследование изгибаемых элементов с предварительно напряженной полимеркомпозитной арматурой // Новое в архитектуре, проектирование строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции НАСКР-2014. Изд-во Чуваш. ун-та, г. Чебоксары. 2014. С. 69–75.

21. Антаков А.Б., Антаков И.А. Экспериментальные исследования изгибаемых элемен-

тов с полимеркомпозитной арматурой // Известия КГАСУ. 2014. № 3 (29). С. 7–13.

22. Польской П.П., Мерват Х., Михуб А. О влиянии стеклопластиковой арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов из тяжелого бетона [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2012. Т. 23. № 4. Ч.2. Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1304> (дата обращения: 06.05.2015).

23. Хишмах М., Маилян Д.Р., Польской П.П., Блягоз А.М. Прочность и деформативность изгибаемых элементов из тяжёлого бетона, армированных стеклопластиковой и стальной арматурой // Новые технологии. 2012. № 4. С. 147–152.

24. Смоляго Г.А., Фролов Н.В. Применение полимеркомпозитной арматуры в изгибаемых армобетонных конструкциях // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы Международных академических чтений. Курский государственный университет. 2015. С. 198–203.

25. Фролов Н.В., Никулин А.И. Альтернативное армирование изгибаемых железобетонных элементов с применением композитной арматуры // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы Международных академических чтений. 2014. С. 155–163.

26. Никулин А.И., Фролов Н.В., Никулина Ю.А. Трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов с учетом использования в растянутой зоне различных сочетаний стальной и стеклопластиковой арматуры // Бетон и железобетон. 2015. № 3. С. 18–23.

27. Фролов Н.В., Никулин А.И. Альтернативное армирование изгибаемых железобетонных элементов композитной арматурой с учетом деформативности // Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 342–347.

28. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12–14.

Frolov N.V., Poloz M.A., Nouruzi M.Sh.

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF COMPOSITE POLYMER REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE DESIGNS

The article reviewed the experience with the application of non-metallic composite polymer reinforcement in reinforced concrete structures. It is revealed, that in Russia composite polymer reinforcement is a relatively new building material, large-scale production and implementation of which begins to be just now. The anal-

ysis showed that the perception of usefulness of composite polymer reinforcement only in prestressed reinforced concrete constructions is incorrect positioning on the field of application. In bringing together the interests of researchers, design institutes, manufacturers and consumers composite polymer reinforcement importance of Association of organizations for the production and application of non-metallic reinforcement and products «Non-metallic composite reinforcement».

Key words: composite polymer reinforcement, reinforced concrete design, analysis, research, aggressive environment.

Фролов Николай Викторович, старший преподаватель кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: frolov_pgs@mail.ru

Полоз Максим Александрович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: max.poloz@inbox.ru

Ноурузи Мохаммад Шоджа, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: shoja446@gmail.com

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Беликова Г.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Проработаны организационно-технологические модели поточного строительства и проведена комплексная инженерная подготовка строительного производства возведения монолитных железобетонных перекрытий с учетом организационно-технологической надежности.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, технологическая норма, монолитные железобетонные перекрытия, сетевая циклограмма.

В качестве захватки могут быть приняты отдельное здание, часть его или секция в пределах одного этажа при строительстве многоэтажных зданий.

Для примера возьмем разработку организационно-технологической модели возведения жилого дома комплекса «Владимирский» в г. Белгороде. Пространственное членение (квантование) объекта позволяет выявить типовой этаж

– захватку (рис. 1) в девяти, десяти, одиннадцати и двенадцати этажных частях здания. Схема возведения комплекса принимается вертикально-восходящая (рис. 2).

Системокванты строительных процессов (сетевые циклограммы) составляем по конструктивам для одного типового этажа-захватки в следующей последовательности:

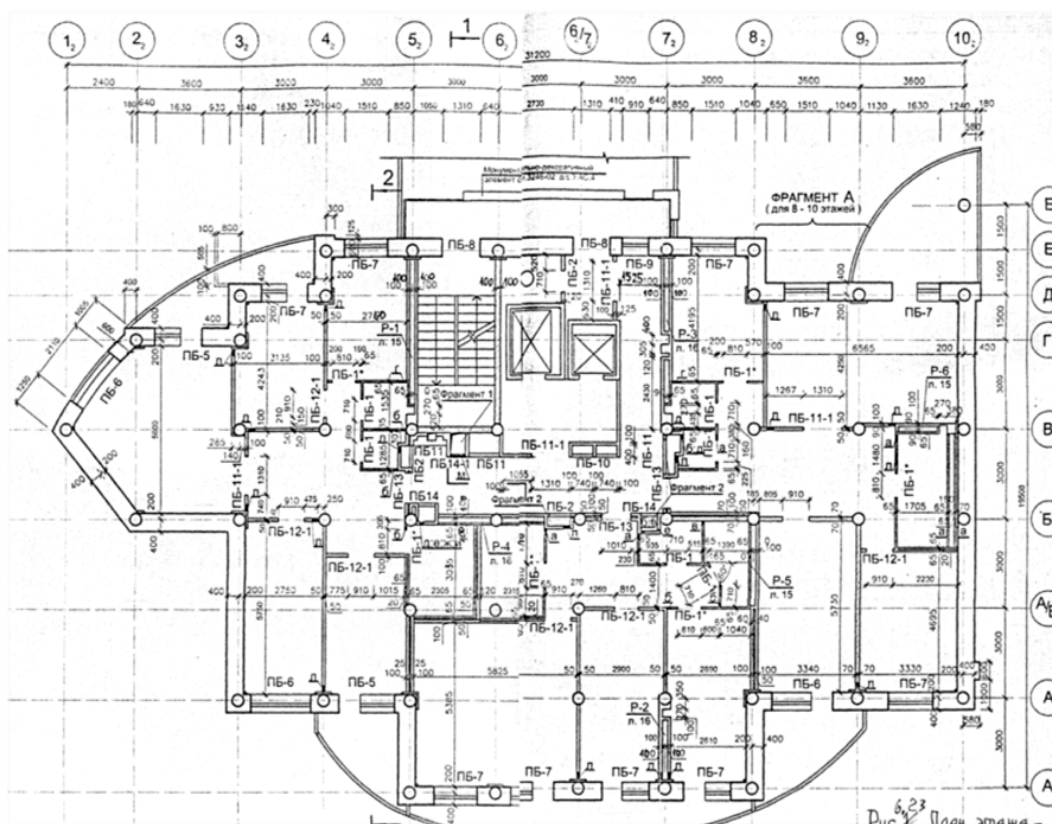


Рис. 1. План этажа захватки

- определяем объемы СМР (табл. 1)
 - разрабатываем технологические нормы процессов возведения (табл. 2.);

- проектируем системокванты строительных процессов (сетевые циклограммы) (рис. 3).

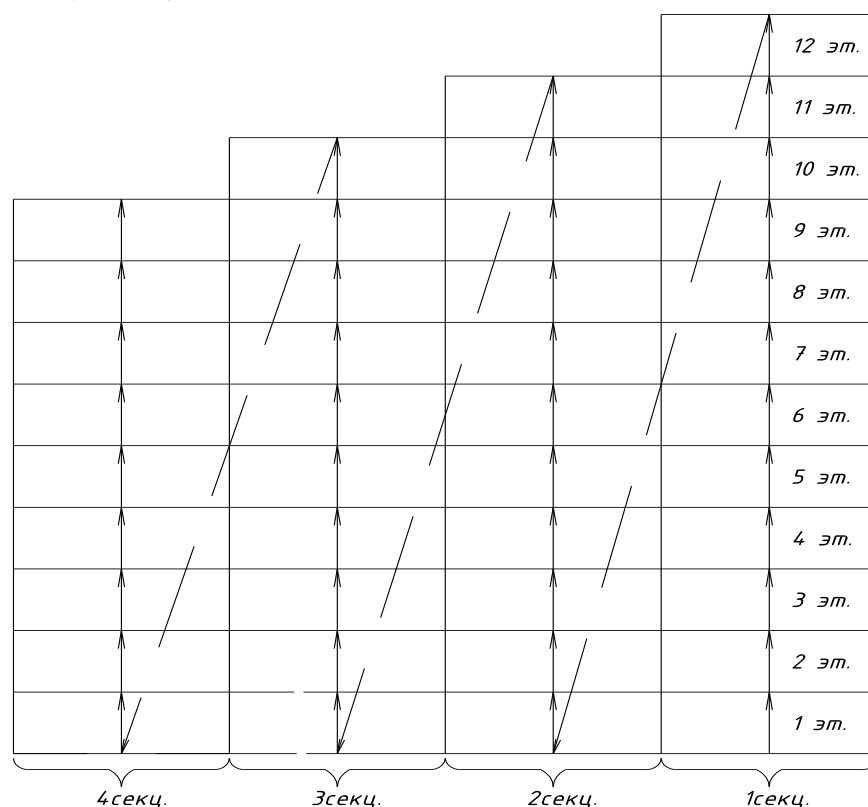


Рис. 2. Вертикально-восходящая схема возведения жилого комплекса

Таблица 1

Ведомость подсчета объемов работ по возведению монолитного перекрытия толщиной 200 мм

№	Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во	Эскиз и формула расчета, примечание
1	Подача конструкций опалубки к месту установки башенным краном	1 подъем	6	Башенный кран
2	Устройство лесов под опалубку на простых стойках высотой 3,1 м	100 м.ст.	17,96	
3	Устройство сборно-щитовой опалубки	м ²	490	
4	Установка стальных закладных деталей			
	- весом до 4 кг	1 з.д.	152	
	- весом до 20 кг	1 з.д.	11	
5	Установка закладных деталей под электромонтаж	100 шт	0,22	
6	Установка закладных пробок под вентиляцию	100 шт	0,21	
7	Разборка опалубки	м ²	490	
8	Подача арматуры в пакетах к месту установки	1 подъем	7	Башенный кран
9	Укладка арматуры			
	- диаметр 8 мм	ТН	0,509	32272
	- диаметр 10 мм	ТН	0,402	
	- диаметр 12 мм	ТН	9,967	
	- диаметр 16 мм	ТН	10,067	
	- диаметр 20 мм	ТН	7,096	
	- диаметр 25 мм	ТН	4,231	
10	Укладка бетонной смеси	м ³	98	Башенным краном в бадьях
11	Уход за бетоном			
	Поливка бетонной поверхности водой;	100 м ³	4,9	
	- покрытие бетонной поверхности рогожами или матами;	100 м ³	4,9	
	- снятие покрытия с бетонных поверхностей	100 м ³	4,9	

В составе ППС для каждой повторяющейся единицы продукции (захватки) разрабатывается технологическая нормаль. Проектно-технологической организацией должны разрабатываться технологические нормы для следующих стадий возведения отдельных зданий: устройство подземной части здания; возведение надземной (при многоэтажных зданиях поэтажной) части здания, устройство кровли; отделочные работы, монтаж технологического оборудования, сантехнические и электромонтажные работы.

В технологической нормаль для каждой стадии работ приводятся все строительные процессы с указанием последовательности и способов их выполнения. Кроме того, указываются объемы работ, их трудоемкость, состав исполнителей, ведущие строительные машины, а также приводятся калькуляции, на основании которых определены трудовые затраты [1–7].

В каждой нормаль должна отражаться продолжительность отдельных процессов на одной захватке, ритмично повторяющаяся на всех захватках (ритм потока).

Технологические нормы, разрабатываемые проектно-технологическими организациями, в дальнейшем должны служить исходными материалами для разработки ППС объектов, комплексов и годовых программ строительных организаций. На основании технологических нормалей, определяющих основные производственные параметры процессов (объемы, трудоемкость и продолжительность работ), для отдельных захваток, частей зданий, объектов, а затем для каждого потока комплекса разрабатываются сетевые циклограммы и (или) системокванты. Они показывают развитие строительных потоков во времени и в пространстве. Сетевые циклограммы и (или) системокванты строятся по принципам, обеспечивающим ритмичный ход всех производственных процессов строительства объектов и наиболее оправданное совмещение во времени стадий производства работ, а также технологических процессов по каждой стадии [8–13].

На сетевой циклограмме и (или) системоквантах возведения объекта показывают последовательность и продолжительность выполнения процессов на всех захватках, а также необходимые разрывы во времени между процессами той или иной стадии производства работ. По горизонтали на сетевой циклограмме и (или) системоквантах строительных процессов и объектов указывают время (дни, месяцы) возведения объекта, по вертикали – захватки (секции, ярусы, участки) и стадии производства работ.

Технологические нормы, сетевые циклограммы и (или) системокванты возведения отдельных объектов являются основными исходными материалами в проектировании поточного строительства комплексов и годовых программ СМО, так как в них закладываются основные мероприятия, обеспечивающие поточную организацию строительного производства: расчленение производственного процесса на составляющие его элементы и операции, разделение труда между исполнителями, создание производственного ритма и совмещение во времени выполнения составляющих процессов и операций. [7–13].

Согласно проведенных организационно-технологических расчетов по определению объемов работ, подлежащих выполнению (табл.1), трудовых и машинных затрат исполнителей проектируем технологическую нормаль производства работ по возведению железобетонного перекрытия (табл. 3) [1–8].

Надежность организационно-технологическая (ОТН) — способность организационных, технологических, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства [1, 2, 4,].

Надежность строительного процесса — свойство сохранять работоспособность на протяжении заданного периода. Количественные характеристики надежности строительного процесса определяются надежностью совместного функционирования составляющих элементов: технических средств (ТС), трудовых ресурсов (ТР), материальных элементов (МЭ). [1-7].

Надежность элемента строительного процесса по критерию времени характеризуется коэффициентом готовности (Кг.э.), определяемым отношением времени безотказной работы элемента ко времени выполнения процесса по формуле:

$$K_{гэ} = T_0 / (T_0 + T_v); \quad (1)$$

где T_0 – время наработки на отказ, T_v – время восстановления.

Соединение элементов строительного процесса в смысле надежности принимается последовательным, т.е. отсутствие или сбой одного из элементов приводят к остановке или сбоем в выполнении процесса (рис.1). В производственных системах, состоящих из последовательно соединенных n элементов надежность $R_{\text{посл}}$ выражаются формулой:

$$R_{\text{посл}} = R_1 R_2 R_3 \dots R_n = \prod_{i=1}^N R_i, \quad (2)$$

где R_i – надежность i -го элемента производственной системы.

Таблица 2

Технологическая норма производства работ по возведению монолитного железобетонного перекрытия

№ п/п	Наименование процессов	Объем работ		Трудоём- кость чел- час	Исполнители Машины		Продолжи- тельность смен (вахт)	ДНИ															
		Ед. изм.	Кол-во	Машино- ёмкость маш-час	Проф. Марка	Кол-во в смену		1	2	3	4	5	6	7-12	13								
								Смены (вахты по 11 часов)															
								1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
								1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Основные процессы																							
1	Устройство лесов под опалубкой	100 м	17,96	296	Плотн.	12	3,43																
2	Устройство сборной щитовой опалубки	м²	490	157																			
3	Укладка арматуры	т	32,272	547	Армат.	10	4,95																
4	Укладка бетонной смеси	м³	98	89	Бетонщ.	4	2																
				22	Баш. кран	1																	
5	Разборка опалубки	м²	490	59	Плотн.	6	1																
Дополнительные процессы																							
6	Установка закладных деталей:				Плотн.	2	3																
	- стальных		163	52																			
	- под электромонтаж	шт	22	1																			
	- под вентиляцию	шт	21	2																			
7	Уход за бетоном	м²	490	2	Бетонщ.	2	0,1																
Вспомогательные процессы																							
8	Подача конструкций опалубки	1 п	6	1	Такелаж	2	0,05																
				0,5	Баш. кран	1																	
9	Подача арматуры	1 п	7	1	Такелаж	2	0,05																
				0,5	Баш. кран	1																	
10	Погрузочно-разгрузочные, прочие заготовительно-складские работы			264	Плотник	8	3																
					Арматур.																		

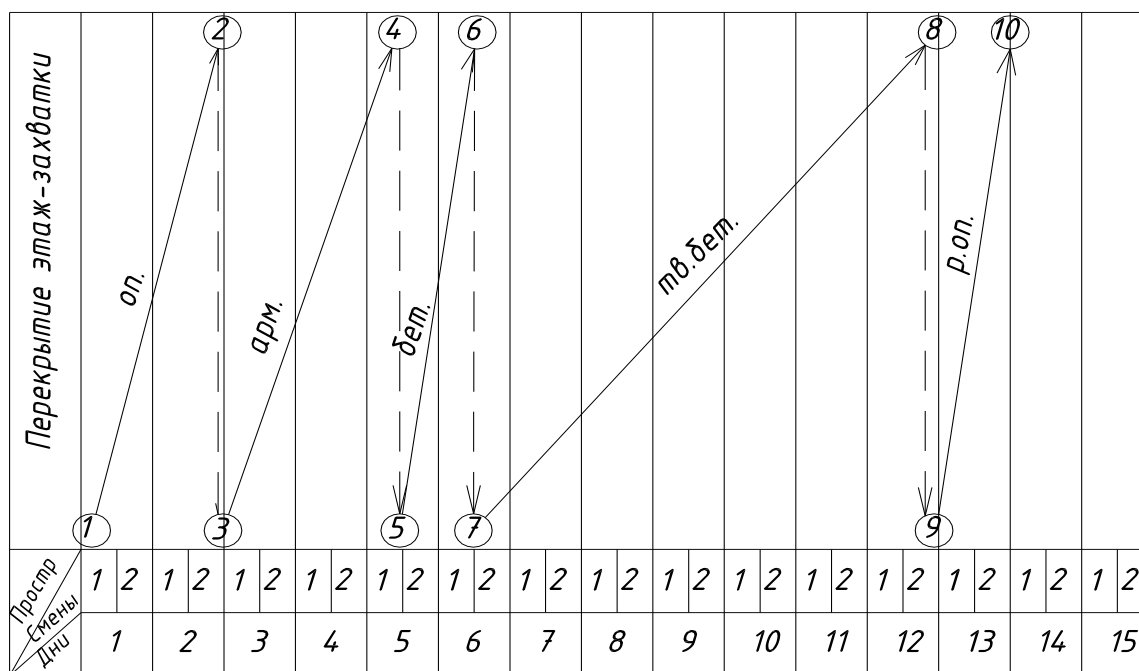


Рис. 3. Сетевая циклограмма-системокванты возведения на этаж-захватке монолитного железобетонного перекрытия: 1-2 (оп.) – устройство опалубки; 3-4 (арм.) – укладка арматуры; 5-6 (бет.) – укладка бетонной смеси; 7-8 (тв.бет.) – твердение бетона; 9-10 (р.оп.) – разборка опалубки; 2-3, 4-5, 6-7, 8-9 – организационно-технологические зависимости

Таблица 3

Расчет надежности технологических процессов этаж захватки возведения монолитного железобетонного перекрытия

Код процесса	Наименование процессов	Коэффициенты готовности Кг				
		Фронт работ ФР	Технич. средств ТС	Матер.эле-мен. МЭ	Трудовые ресурсы.ТР	Процессов ПР
1-2	Устройство опалубки	1	0,95	0,97	0,9	0,83
3-5	Укладка арматуры	0,83	0,95	0,97	0,9	0,69
4-6	Укладка бетонной смеси	0,69	0,95	0,97	0,9	0,57
7-10	Твердение бетона	0,57	0,95	0,97	0,9	0,47
8-9	Разборка опалубки	0,47	0,95	0,97	0,9	0,39
2-3,4-5,6-7,8-9	Организационно-технологические зависимости					
Итого			$(0,95)^5$	$(0,97)^5$	$(0,9)^5$	

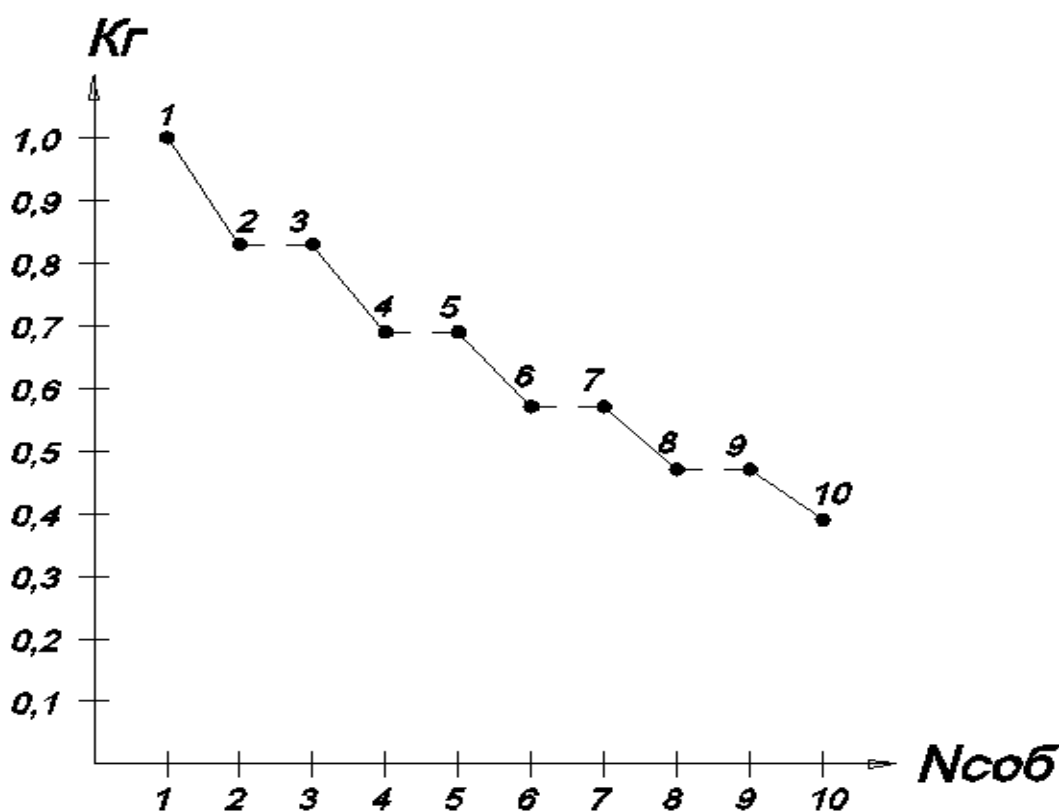


Рис. 4. График изменения надежности процессов возведения монолитного железобетонного перекрытия

Эта формула называется часто законом произведения надежности [1, 2, 4,].

Надежность строительного процесса характеризуется коэффициентом готовности (Кг.пр.) определяемым по формуле:

$$Кг.пр. = Кг. фр * Кг. т.с * Кг. м.э. * Кг. т.р, \quad (3)$$

где (Кг фр), (Кг.т.с), (Кг.м.э.), (Кг.т.р) – соответственно коэффициенты готовности фронта работ, технических средств, материальных элементов, трудовых ресурсов.

Определяем надежность простых технологических процессов

В результате расчетов (табл.1) получаем надежность простых строительных процессов по критерию времени (коэффициент готовности простого процесса и события: Кг.соб.2 = 0,83, Кг.соб.4 = 0,69, Кг.соб.6 = 0,57, Кг.соб.8 = 0,47, Кг.соб.10 = 0,39)

Проведенные расчеты показывают, что усложнение (детализация) систем строительного производства приводит к увеличению количества последовательно связанных элементов, что по основному закону теории надежности снижает надежность всей системы пропорционально геометрической прогрессии числа элементов [8–13].

Практика показывает, что фактически надежность строительных систем выше приведенных показателей по расчетам и чем более детально и подробно проработаны организационно-технологические модели поточного строительства и проведена комплексная инженерная подготовка строительного производства, тем выше надежность [8–13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надёжность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования). М. Стройиздат, 1974. 252с.
2. Гусаков А.А., Гинзбург А.В. и др. Организационно-технологическая надёжность строительства. М.: SVR-Аргус, 1994. 472с.
3. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь./ Под ред. А.А. Гусакова.- М.: изд-во АСВ, 2004.320с.
4. Седых Ю.И., Лазебник В.М. Организационно-технологическая надёжность жилищно-гражданского строительства. М.: Стройиздат, 1989. 399с.
5. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами строительства. Saarbrücken, Deutschland LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2016. 263 с.
6. Лубенец Г.К. Подготовка производства и оперативное управление строительством. Киев. Будівельник, 1976, 732с.
7. Лебедев В.М. Основы системотехники строительного производства. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010, 272с.
8. Лебедев В.М. Моделирование системоквантов строительного производства: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 244 с.
9. Лебедев В.М. Технология и организация строительства городских зданий и сооружений: Учебное пособие под грифом УМО. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015.200 с.
10. Лебедев В.М. Поточные методы строительства крупных опускных сооружений. LAP LAMBERT, Saarbrücken, Германия, 2016. 171 с
11. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами строительства. LAP LAMBERT Academic. Германия, 2016. 263 с
12. Лебедев В.М. Системотехника поточных методов строительства. LAP LAMBERT, Saarbrücken, Германия, 2016. 240 с.
13. Лебедев В.М., Беликова Г.В. Определение организационно-технологической надежности строительного производства с использованием системоквантов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №11. 2016. С. 84–87

Lebedev V.M., Belikova G.V.

MODELING CONSTRUCTION OF MONOLITHIC CONCRETE FLOORS TAKING INTO ACCOUNT ORGANIZATIONAL - TECHNOLOGICAL RELIABILITY

Work out the organizational and technological models and carried out in-line construction complex engineering preparation of construction production construction of monolithic concrete floors, taking into account the organizational and technological reliability

Key words: *organizational and technological reliability, technological normal, monolithic concrete, grid patterns.*

Лебедев Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

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

Беликова Галина Владимировна, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: galynik1991@yandex.ru

Антохин П.И., магистрант,
Дьяконов И.Т., канд. техн. наук, доц.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА И ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕХНИКИ В ХОДЕ ВЫДЕРЖИВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

pavel-antokhin@rambler.ru

На современном этапе технического развития, где высоко ценятся низкая трудоёмкость, высокая оперативность и представительность измерений, удобные средства хранения и обработки информации, ИК (инфракрасная) термометрия отвоёвывает всё большее пространство. Точное определение температуры бетона (с ошибкой 1 °С и менее, обычно задаваемой по датчику) крайне осложнено: приборные ошибки накладываются на ошибки используемого способа измерений, на ошибки, связанные с обустройством мест измерений и т.п. В относительных показателях скоростей разогрева-остывания, в абсолютном, диапазоне разрешенных температур при выдерживании бетона такая точность выглядит явно избыточной и неоправданной технически и экономически. Рассматривая ИК технику в качестве средства построочного контроля температуры бетона, и при выполнении измерений с её помощью следует учитывать особенности выполнения ИК измерений и факторы, которые могут приводить к существенным ошибкам измерений. Так как эти факторы могут сильно повлиять на результат измерений. Надёжность косвенного МОТБ (метод определения температуры бетона) с применением пирометров обеспечивается применением достоверной расчётной зависимости для определённого типа палуб и соблюдением правил выполнения измерений, обеспечивающих работу этой зависимости в допустимом диапазоне точности.

Ключевые слова: инфракрасная техника, контроль температуры бетона, пирометр, тепловизор, температурно-прочностной контроль.

Метод косвенных измерений температуры бетона через опалубку с использованием ИК техники известен относительно недавно [6, 8, 11]. Практика применения ИК техники непосредственно на стройках и редкое упоминание о таком способе измерений температуры бетона в научно-технической литературе по температурному контролю, позволяют утверждать, что к моменту выполнения исследований не выявлено методических разработок, обеспечивающих корректное использование дистанционных ИК измерений в составе объектного температурного контроля при выдерживании бетона монолитных конструкций.

Технические особенности выполнения ИК измерений применительно к определению температуры бетона

Согласно рекомендациям [15, 16], температуру бетона в ходе выдерживания монолитных конструкций следует определять на глубине 5...10 см от поверхности. ИК приборы принципиально не могут выполнить такие измерения, поскольку они измеряют температуру на поверхности тел. Таким образом, в качестве объекта измерения может выступать любая доступная для проведения измерений поверхность тела:

– при прямых измерениях – открытая поверхность бетона или, как исключение, тонкая

полиэтиленовая плёнка, плотно прилегающая к поверхности бетона без образования складок (для ИК измерителей со спектральным диапазоном измерений 8...14 мкм она прозрачна при минимуме рассеяния);

– при косвенных измерениях – наружная поверхность палубы неутеплённой опалубки (которая выступает в качестве приемлемого носителя информации о температуре бетона).

Пирометры выполняют средневзвешенные измерения температуры поверхности в пределах некоторого пятна, размеры которого зависят от типа используемого прибора (показателя визирования, фокусировки), расстояния до измеряемой поверхности и угла наблюдения.

При выполнении измерений пирометрами пятно измерений должно гарантированно находиться на материале измеряемой поверхности, т.е. пятно измерений должно полностью уместиться на исследуемой поверхности и в нём не должны оказываться посторонние предметы и детали (например, стальное ребро опалубки или часть, утепления, наплыв бетона или грязи). Этому способствует применение пирометров с указателями ширины пятна измерений (две и более точки лазера), применение приборов с малым углом ИК визирования (высоким показате-

лем визирования или оптическим отношением), либо уменьшение дистанции измерений. Указанное требование вызвано необходимостью предотвращения существенных искажений результатов ИК измерений за счёт температуры окружающего воздуха и окружающих предметов.

Тепловизоры позволяют не просто определять температуру в какой-то точке, а видеть полное тепловое отображение объектов (сканирование в реальном времени, фото, видео). В большинстве случаев тепловизоры лишены проблем с нацеливанием на объект. Размер захватываемого изображения зависит от дистанции и угла ИК визирования. Для увеличения угла ИК визирования могут применяться съёмные широкоугольные объективы.

Расчётное определение температуры бетона через ограждения при ИК измерениях

Основным видом доступных поверхностей при осуществлении температурного контроля с использованием ИК термометрии на раннем этапе выдерживания бетона являются опалубка, - она надёжно контактирует с бетоном, часто не утеплена или может предусматривать в утеплении ниши и окна для пирометрических измерений. Наружные поверхности утеплителя и материала укрытия, особенно имеющие воздушный зазор с поверхностью конструкции, не могут рассматриваться в качестве приемлемого носителя информации о температуре бетона.

Теоретически, допуская знание значения коэффициента теплопроводности материала палубы, можно определять температуру бетона за плоской тонкой стенкой палубы на основе стационарного уравнения Фурье теплопроводности первого рода [7]. Тогда, решив задачу равенства тепловых потоков (1) по закону сохранения энергии, будем иметь:

$$\frac{1}{R}(t_6 - t_n) = \alpha(t_n - t_{нв}) \quad (1)$$

$$t_6 = \alpha R(t_n - t_{нв}) + t_n \quad (1a)$$

где R – термическое сопротивление ограждения; $\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи воздуха; t_6 – температура бетона под ограждением; t_n – температура наружной поверхности ограждения; $t_{нв}$ – температура окружающего воздуха (среды).

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения состоит из лучистой ($\alpha_{\text{л}}$) и конвективной ($\alpha_{\text{к}}$) составляющих, которые определяются с учётом, соответственно; степени черноты поверхности (ε) и скорости ветра (V).

Лучистую составляющую теплоотдачи в технической литературе часто предлагается искать по упрощённым формулам, которые заслу-

живают отдельной проверки. Однако наиболее достоверно считается определять её на основе закона Стефана-Больцмана, согласно которому, плотность интегрального полусферического излучения абсолютно черного тела зависит только от его температуры и изменяется пропорционально четвертой степени этой абсолютной температуры [7], т.е. поток тепла от излучающей поверхности в этом случае $q_{\text{л}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot t_n^4$. Лучистая составляющая коэффициента теплоотдачи с учётом температуры наружного воздуха отсюда может быть выражена:

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{(T_1^4 - T_2^4)}{t_n - t_{нв}} \quad (2)$$

где

$$T_1 = 273 + t_n; T_2 = 273 + t_{нв};$$

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ – постоянная Стефана-Больцмана; $\varepsilon = 0 \dots 1$ – степень черноты излучающей поверхности.

Похожее выражение используется в [4]: наглядно количественные и качественные изменения $\alpha_{\text{л}}$ по зависимости (2) показаны на рис.1.

Конвективный теплообмен обусловлен совместным действием конвективного и молекулярного переносов теплоты. В первом случае носителями являются макрочастицы (моли), во втором – микрочастицы; микрочастицы, осуществляют хаотическое тепловое движение; движение макрочастиц – «видимое» движение (т.е. доступное визуальному наблюдению). В технической литературе принято считать, что для рассматриваемого случая теплоотдачи с поверхности опалубки коэффициент конвективной составляющей теплоотдачи зависит только от конвективного переноса теплоты, то есть скорости ветра.

Конвективная составляющая коэффициента теплоотдачи, как правило, даётся в виде формул, таблиц значений или графиков, представляющих собой эмпирические данные [3, 4, 9, 10]. Однако эти зависимости имеют между собой некоторые расхождения, что может существенно сказываться на результатах расчёта. Так, в [5] предлагаются табличные значения $\alpha_{\text{к}}$ в зависимости от скорости ветра, а также формулы, например, для тел прямоугольного и квадратного сечений:

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{[4,32(1,293 - 0,058 t_{нв})V]^{0,8}}{\delta_{\text{к}}^{0,2}} \quad (3)$$

где V – скорость ветра; $\delta_{\text{к}}$ – толщина конструкции.

В [6, 8, 12] приводится график изменения $\alpha_{\text{к}}$ от скорости ветра. В руководстве [12] в формулах вычислений теплотерь в качестве коэффициента конвективной теплоотдачи с поверхности присутствует выражение вида $3 + 10 \cdot \sqrt{V}$. В работе [9] определялся коэффициент теплопере-

дачи приповерхностной воздушной прослойки, где коэффициент конвективного теплообмена получен на основании теории подобия, а коэффициент лучистого теплообмена на наружной поверхности — на основе расчетов по закону Стефана-Больцмана.

Наиболее полно вопросы теплоотдачи с поверхности бетона и опалубки рассматриваются в работах [3, 4]. Автором последней работы показано, что локальные и средние значения конвективной теплоотдачи по граням экспериментального куба существенно зависят от скорости и направления ветрового потока, однако при этом

средняя теплоотдача весьма слабо зависит от угла атаки воздушного потока ($\pm 5\%$, что находится в пределах погрешности измерений). Там же указывается, что при увеличении скорости ветра с 4 до 12 м/с теплоотдача конвекцией увеличивается вдвое, а при увеличении температуры бетона с 40 до 70 °С теплотери лучеиспусканием увеличиваются в 1,75 раза, конвекцией — в 1,5 раза. Для рядом стоящих конструкций теплотери конвекцией, в зависимости от расстояния между этими конструкциями, могут сокращаться до 25 %.

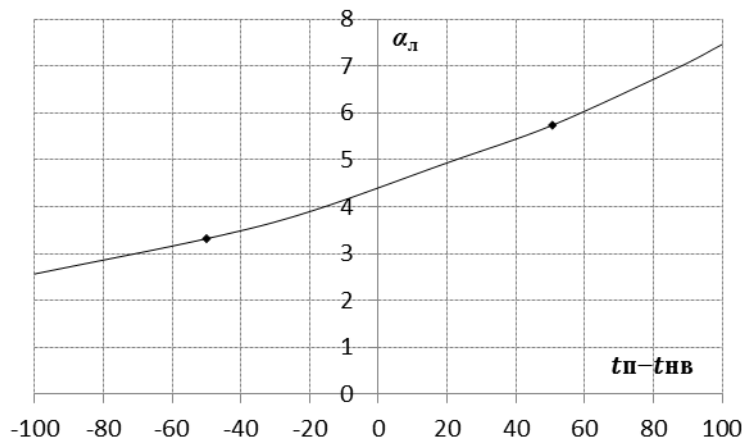


Рис. 1. Коэффициент теплоотдачи: Изменение лучистой составляющей (при $\epsilon=0,95$)

Уточнять изменение конвективной составляющей теплоотдачи у конкретной поверхности от скорости ветра возможно экспериментальным путём при известных характеристиках ограждения (R), измеренных $t_n, t_{\text{б}}, t_{\text{нв}}$ и различных скоро-

стях ветра. Тогда $\alpha_{\text{к}}$ вычленяется из (4) с учётом (2) и запишется:

$$T_{\text{ф}} = \frac{T_{\text{ИК}}}{\sqrt[4]{\epsilon}} \quad (4)$$

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{t_{\text{б}} - t_{\text{п}}}{R(t_{\text{п}} - t_{\text{нв}})} - \frac{\sigma \epsilon [(273 + t_{\text{п}})^4 - (273 + t_{\text{нв}})^4]}{t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}} \quad (5)$$

$$t_{\text{б}} = \left[\frac{\sigma \epsilon [(273 + t_{\text{п}})^4 - (273 + t_{\text{нв}})^4]}{t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}} + \alpha_{\text{к}} \right] R(t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}) + t_{\text{п}} \quad (6)$$

С учётом вышеизложенного, формулу (1) для определения температуры бетона по температуре поверхности ограждения приведём к следующему виду.

Достоверность и надёжность вычисления температуры бетона на основе зависимости (6) проверялись при дальнейших экспериментальных исследованиях.

Расчётное исследование влияния скорости ветра на температуру палубы

Влияние скорости ветра на температуру поверхности ограждения заложено в конвективной составляющей коэффициента теплоотдачи воздуха ($\alpha_{\text{к}}$). Для оценки степени этого влияния и выяснения необходимости учитывать скорость ветра при ИК измерениях выполнен вычислительный эксперимент, устанавливающий воз-

можное изменение температуры на поверхности опалубки от действия ветровой инварианты.

Температура поверхности ограждения находилась из соотношения (4), при этом применялся итерационный способ поиска t_n при определении теплоотдачи с поверхности ограждения.

На основе расчёта получена температура поверхности для неутеплённой фанерной палубы (толщиной 21 мм) в зависимости от возможных температур бетона и скорости ветра при постоянной температуре наружного воздуха. Полученные количественные и качественные характеристики изменения температуры поверхности от скорости ветра наглядно показаны на рис. как графики температурных отклонений $\Delta t = [t_n(V=0) - t_n(V>0)]$:



Рис. 2. Изменение температуры поверхности фанерной палубы ($R=0,175 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) от действия ветра ($V=0 \dots 15 \text{ м/с}$): зависимость величины отклонения Δt от скорости ветра и величины температурной разности $t_\delta - t_{нв}$. Принятый коэффициент конвективной теплоотдачи подчиняется зависимости $\alpha_k = 3,25 + (6 \cdot V)^{0,8}$, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; $\varepsilon = 0,95$

Результаты вычислений показывают, что ветер, скорость которого более 1 м/с , может вызывать существенные колебания температуры на поверхности опалубки, и тем больше, чем выше температура бетона (больше разность температуры бетона и воздуха, далее $t_\delta - t_{нв}$ или «бетон-воздух»).

Далее рассматривалось влияние скорости ветра на температуру наружной поверхности ограждений, различных по термическому сопротивлению. Для этого были рассчитаны значения температур поверхности ограждений с разными значениями термического сопротивления в одинаковых термодинамических условиях (рис. 33).

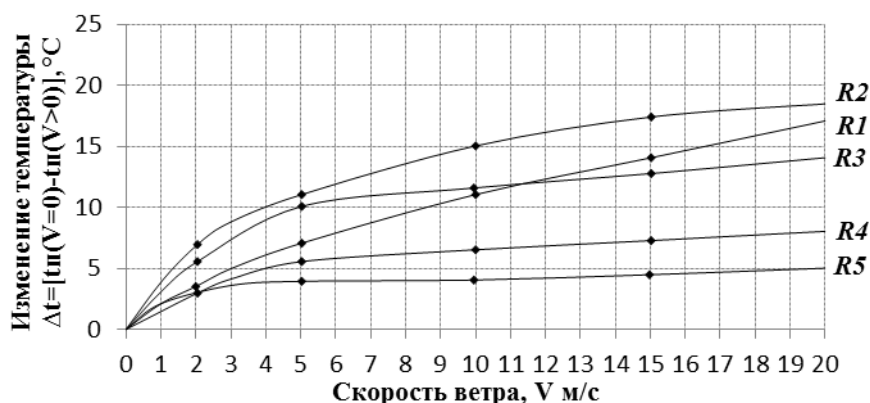


Рис. 3. Изменение температуры поверхности от действия ветра для различных ограждений: R1 – бетонная оболочка 20 мм $0,011=0,021/0,17$; R2 – фанера 21 мм $0,124=0,021/0,17$; R3 – вспененный полиэтилен 10 мм $0,244=0,01/0,041$; R4 – вспененный полиэтилен 20 мм $0,488=0,02/0,041$; R5 – минплита 50 мм $1,042=0,05/0,048$; $R=\delta/\lambda$; $t_\delta=+40 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{нв}=-10 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varepsilon=0,95$; $V=0 \dots 15 \text{ м/с}$ ($\alpha_k=3,25+(6 \cdot V)^{0,8}$, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Показательно, что максимальные температурные отклонения $\Delta t=[t_n(V=0)-t_n(V>0)]$ свойственны средним значениям термического сопротивления ограждений ($R = 0,05 \dots 0,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), куда входит основная масса стандартных палуб, применяющихся в большинстве типов опалубок [14, 20]. При этом, как показано в работе [4], угол атаки воздушного потока на теплопередачу ограждений за счёт теплопроводности не влияет, и в расчетах не учитывается.

Результаты исследований косвенного МОТБ (метод определения температуры бетона) с применением пирометров

В результате анализа данных производственных наблюдений и экспериментов, по рассматриваемым вопросам можно сделать следующие выводы:

Особенности выполнения измерений.

При выполнении ИК измерений необходимо учитывать указанные вначале статьи особенности для предотвращения значительных ошибок в определении температуры поверхности палубы. Нужно избегать возможных помех в поле визирования, непременно добиваться положения пятна измерений строго на палубе между смежными рёбрами или балками опалубки. На палубе, в местах замеров, не должно быть сильных повреждений (пропилов, отслоений),

грязи, налипшего бетона и толстой плёнки цементного молока.

Ввиду возможных «осечек» прибора, которые могут происходить достаточно часто, следует применять дублирование измерений.

Для повышения точности определения температуры бетона предъявляются определённые требования к выполнению измерений температуры воздуха. Она должна определяться у наблюдаемых конструкций в зоне выполнения основных измерений по палубе, особенно если конструкции прогреваются в условиях слабой конвекции (большая группа близко расположен-

ных стен или колонн, перекрытие, опёртое на 3-4 стены по контуру и т.п.).

Влияние внешних воздействий.

При скорости ветра, менее 0,5 м/с расчёты выполняются достаточно корректно, причём время установления стационарного распределения температур не превышает 1 часа для небольшого значения температурной разности $t_{\delta} - t_{нв}$ (менее 10 °С) и около 20 мин для большей температурной разности (рис.4). Также следует отметить, что при небольших значениях $t_{\delta} - t_{нв}$ температура поверхности, в основном, обусловлена влиянием внешних дестабилизирующих факторов:

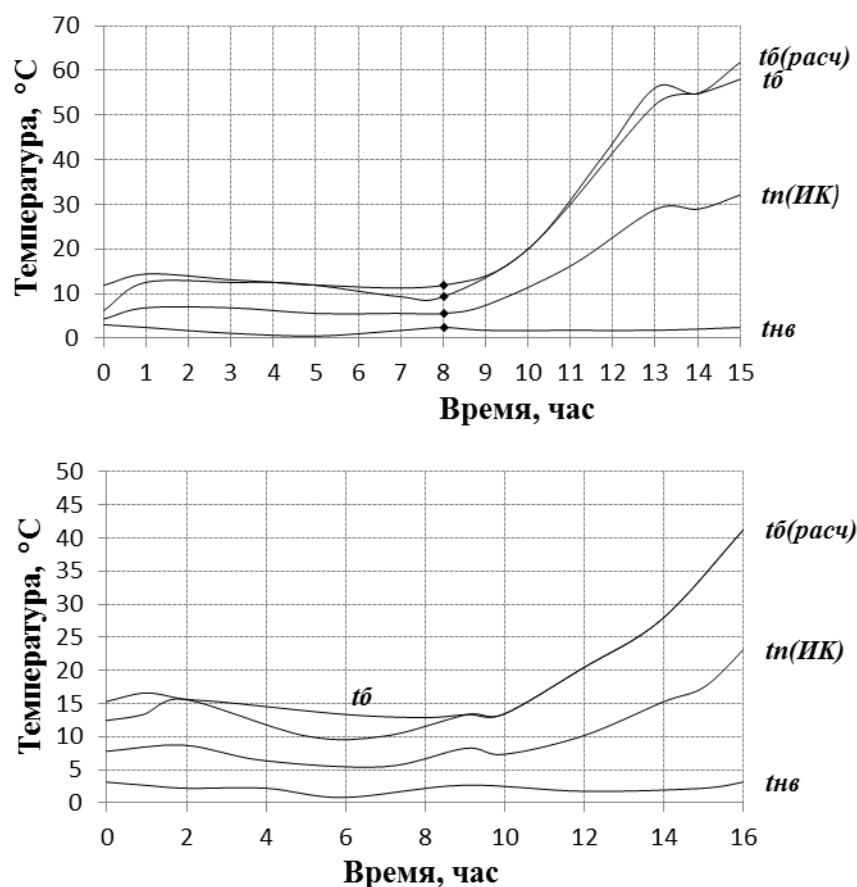


Рис. 4. Примеры серий наблюдений при скорости ветра 0...0,5 м/с: t_{δ} - температура на границе бетон-опалубка; $t_{нв}$ - температура окружающего воздуха; $t_n(ПК)$ — температура поверхности палубы, измеренная пирометром; $t_{\delta(расч)}$ - расчётная температура бетона на границе с палубой по значениям $t_n(ПК)$. При расчётах скорость ветра принята 0 м/с ($\alpha_k=3,77$), ограждение - фанерная палуба 21 мм ($R=0,124$), степень черноты поверхности $\varepsilon=0,95$

Однако уже при скоростях ветра 0,5...1 м/с можно наблюдать характерные возмущения температур, которые ещё компенсируются расчётом, учитывающим скорость ветра. При увеличении скорости ветра свыше 1 м/с, который, как правило, имеет порывистый характер, расчёты дают неверные результаты. Это можно объяснить нарушением стационарного распределения температур по толщине ограждения за счёт ветровой инварианты. Температура поверхностных слоев ограждения может быстро снижаться

под воздействием порывов ветра, но восстановление относительно стационарного состояния затем занимает значительное время. Такая выраженная односторонняя инерционность характерна, как было отмечено при выполнении вычислительного эксперимента, для наиболее распространенного материала опалубки – фанеры.

Фанера с пластиковым покрытием ещё более чувствительна к наличию ветра по сравнению с обычной ламинированной – заметные скачки температур наблюдаются уже при скоро-

сти ветра 0,5 м/с, а ошибки в определении температуры бетона при этом могут достигать 10-ти градусов.

Для металлической опалубки столь выраженного эффекта не наблюдается. Кроме того, для металлической палубы характерно практически полное совпадение как фактических, так и расчётных значений температур бетона с измеренными на внешней поверхности опалубки за счёт очень низкого термического сопротивления ограждения. Однако, несмотря на незначительность влияния скорости ветра на температуру поверхности в расчётном плане, в практических наблюдениях это влияние прослеживается вполне отчётливо.

Существенным искажающим фактором является прямое облучение поверхности опалубки солнцем, в этом случае, когда измерена температура нагретой солнцем палубы, расчеты температуры бетона будут происходить с недопустимо большой ошибкой в сторону её завышения.

Недопустимо большие ошибки в определении температуры бетона будут и при любых других внешних воздействиях, вызывающих кратковременный или длительный нагрев наружной поверхности палубы: это и отражённый солнечный свет, и интенсивное тепловое излучение (в т.ч. ИК) от промышленных нагревательных установок, и тёплый воздух от теплогенератора. Следует отметить, что при внешнем обогреве конструкций теплогенераторами (при выдерживании конструкций в тепляках) температура бетона косвенным способом может быть определена достаточно корректно, но только если тепляк достаточно большой (отсутствует циркуляция горячего воздуха вдоль поверхности палубы, на которой производятся измерения), а изменения температуры в тепляке происходят плавно (не более 5°C/ч).

Расчётные зависимости для определения температуры бетона.

Анализ результатов проводимых натурных исследований показывает, что теоретическая зависимость для определения температуры бетона (6) может использоваться (рис.) при условии ограничения внешних воздействий в зоне измерений и при соблюдении определённых правил выполнения измерений.

Полученное экспериментальное уравнение для измерений по палубе из фанеры толщиной 21мм имеет вид (рис.):

$$t_{\delta} = 0,68(t_{\pi} - t_{нв}) + t_{\pi} \quad (7a)$$

Если принять постоянным коэффициент теплоотдачи с поверхности опалубки α , то аналитическое уравнение (1a) можно привести к виду линейных корреляций: $t_{\delta} = B_1(t_{\pi} - t_{нв}) + t_{\pi}$ при

$B_1 = \alpha R$. Для удобства сравнения аналитические уравнения для расчёта температуры бетона по измерениям температуры палубы и воздуха были приведены к виду линейных корреляций при $\alpha = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\alpha_k = 3$ при $V = 0 \text{ м/с}$; $\alpha_n = 5$ при $t_n - t_{нв} = 20^\circ\text{C}$ и $\varepsilon = 0,95$):

– для фанеры 21мм опалубки вертикальных конструкций ($R = 0,124$):

$$t_{\delta} = 0,988(t_{\pi} - t_{нв}) + t_{\pi} = 2t_{\pi} - t_{нв} \quad (7)$$

– для фанеры 18мм опалубки горизонтальных конструкций ($R = 0,106$):

$$t_{\delta} = 0,848(t_{\pi} - t_{нв}) + t_{\pi} \quad (8)$$

Очевидно, что экспериментальное и аналитическое уравнения (при постоянном значении коэффициента теплоотдачи α имеют определённые различия, что не было выявлено сразу при наложении графиков (см. рис.). Различия могут быть вызваны несовпадением принятых значений термического сопротивления ограждения и коэффициента теплоотдачи с фактическими.

При оценке точности определялась дисперсия данных эксперимента относительно аналитического уравнения (6) при постоянных значениях $\alpha_k = 3,77 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (при $V = 0 \text{ м/с}$) и $\varepsilon = 0,95$ для рассматриваемых ограждений из фанеры 21мм. Оценка точности.

Ошибки определения температуры бетона будут складываться:

- из ошибок измерительного прибора;
- из производственных ошибок при измерении температуры палубы и температуры воздуха возле конструкции;
- из ошибок, связанных с несоответствием расчётных и фактических температурных распределений в толще ограждения на момент измерений;
- из степени увеличения ошибок $(t_{n2} - t_{n1}) / (t_{\delta 2} - t_{\delta 1})$ связанной с величиной коэффициента перевода расчётной зависимости, и увеличивающейся при увеличении $t_{\delta} - t_{нв}$.

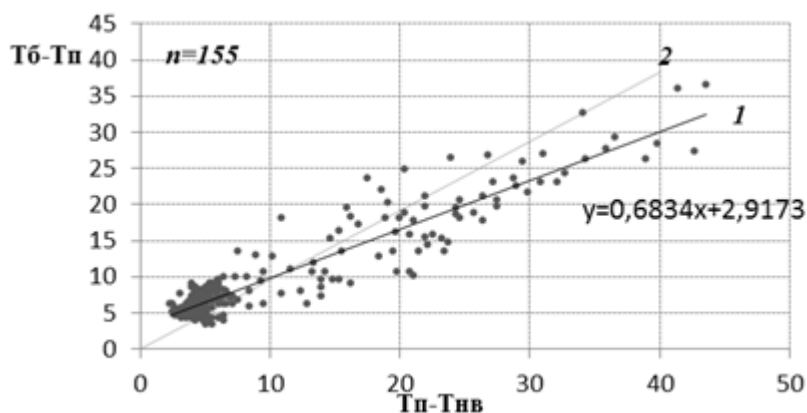
При этом точность метода будет повышаться преимущественно за счёт снижения ошибок первых трёх типов посредством соблюдения правил выполнения измерений. В определённой мере повышению точности должно способствовать использование, экспериментальных зависимостей вместо аналитических.

Результаты оценки дисперсии данных эксперимента относительно аналитического уравнения показывают, что стандартная ошибка S_r ($n = 155$) косвенного определения температуры бетона ИК измерениями равна около 3 °C, а максимальные ошибки составляют до 9 °C (

рис.). Увеличение ошибки при использовании аналитической зависимости незначительно – на 0,3 °С. Таким образом, можно принять, что ана-

литическая зависимость (6) для использования годится, а точность метода в определении температуры бетона составляет 3 °С.

а)



б)

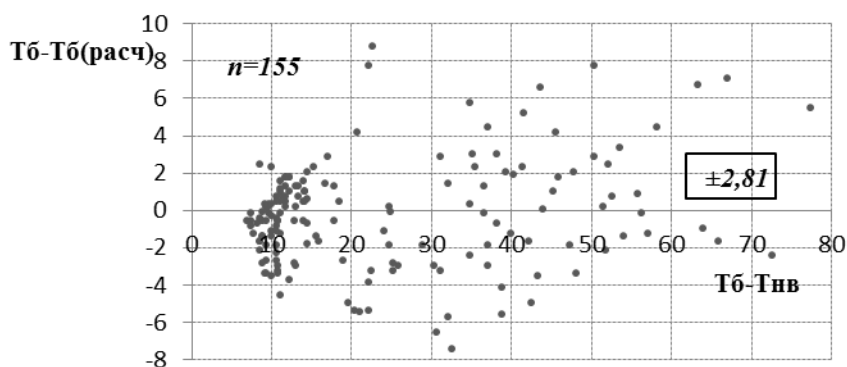


Рис. 5. а) Построение расчётной корреляции по данным эксперимента для ограждений из фанеры 21мм: 1 – экспериментальная корреляция (7а); 2 – аналитическое уравнение (7). б) Оценка ошибок определения температуры бетона для полученной экспериментальной зависимости.

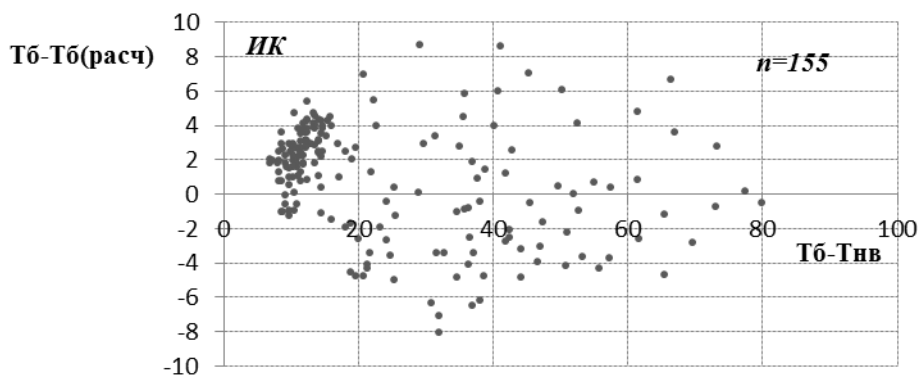


Рис. 6. Характер распределения ошибок определения температуры бетона косвенным способом с применением пирометров

Выполненный эксперимент позволяет сделать вывод, что для производственных измерений с применением пирометров, имеющих приборную ошибку до ± 2 °С, стандартная и максимальная ошибки не превышают 4 °С и 10 °С соответственно, а в случаях использования измерительных средств с большими приборными

ошибками (до ± 5 °С) – 6 °С и 15 °С соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев П.Г. Инженерная подготовка зимнего бетонирования // Строительная газета. 2002. №41 (11 октября). С.5.

2. Волков В.Ю. Исследование температурных распределений в стеновой конструкции при обогреве нагревательными проводами: дисс. ... магистра; Москва, МГСУ, 2003. С. 422.

3. Гныря А.И. Теплозащита бетона монолитных конструкций в зимнее время: дисс. ... докт. техн. наук; Томск, ТИСИ, 1992. С. 275.

4. Коробков С.В. Тепло-и влагозащита бетона при возведении монолитных зданий в зимних условиях с применением туннельной опалубки: дисс. ... канд. техн. наук; Томск, ТГАСУ, 2001. С. 322.

5. Инструкция по применению химических добавок в бетонах и растворах для сельского строительства. ОН-АПК 2.10.32.001-04. Москва 2004.

6. Комиссаров С.В. Система температурно-прочностного мониторинга за состоянием бетона при устройстве монолитных конструкций // Обеспечение качества несущих конструкций при всесезонном монолитном домостроении: сб. статей по материалам семинара - совещания «Монолитное домостроение: отечественная и зарубежная опалубка, способы ведения работ»; Москва, 20 апреля 2000г. / Правительство Москвы, Московская лицензионная палата, ГУ «Мосстройлицензия». М., 2000.

7. Прибытков И.А. Теоретические основы теплотехники. М.: Академия, 2004. 464 с.

8. Ремейко О.А. Технологическое сопровождение всесезонного монолитного строительства // Обеспечение качества несущих конструкций при всесезонном монолитном домостроении: сборник статей по материалам семинара совещания «Монолитное домостроение: отечественная и зарубежная опалубка, способы ведения работ»; Москва, 20 апреля 2000г. / Прави-

тельство Москвы, Московская лицензионная палата, ГУ «Мосстройлицензия». Москва, 2000.

9. Рымаров А.Г. Изменение коэффициента теплоотдачи на наружной поверхности ограждающих конструкций высотного здания в холодный период // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2006. №1. С. 14–16.

10. Соломатов В.И. Особенности зависимости прочности бетона от активности и расхода цемента // Бетон и железобетон. 1999. №2. С. 22–23.

11. Титасв В.А. Прогнозирование прочности бетона на основе данных температурного контроля // Технологии бетонов: 2007. №3(14). С. 66–67.

12. Рекомендации по электрообогреву монолитного бетона и железобетона нагревательными проводами. М.: ЦНИИОМТП, 1989.

13. Марьямов Н.Б. Тепловая обработка изделий на заводах сборного железобетона. М.: Стройиздат, 1970. 137 с.

14. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции / ГУЛ НИИЖБ Госстроя России. Москва, 2004. 59 с.

15. ГОСТ 10181-2000 Смеси бетонные. Методы испытаний / НИИЖБ Москва, 2001. 23 с.

16. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции / ЦНИИПСК им. Мельникова. М., 2012. 923 с.

17. Malhotra, V.M. In-place evaluation of concrete // Journal of Construction Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers. 1975. Vol.101. P. 23–26.

18. Guide to Formwork for Concrete / Reported by ASI. Committee 347, American concrete institute, 1994. 34 P.

Antokhin P.I., Diakonov I.T.

INFLUENCE EXTERNAL INFLUENCES ON THE ACCURACY OF TEMPERATURE CONCRETE FEATURES AND PERFORMANCE MEASUREMENT WITH INFRARED TECHNOLOGY IN THE AGING MONOLITHIC STRUCTURES

At the present stage of technological development, where low labor intensity are highly valued, high efficiency and representativeness of measurements, a convenient means of storing and processing information, the infrared (IR) thermometry recaptures more and more space. The exact definition of the concrete temperature (with an error of 1 °C or less, usually defined by the sensor) is extremely complicated: Instrumental errors superimposed on the error measurement method used, on the errors associated with the arrangement of the measurement sites, etc. In relative terms, the rates of heating-cooling, in the absolute, the range of allowed temperatures when exposed concrete such accuracy looks obviously excessive and unjustified technically and economically. Considering the IR technique as a means postroechnyh control the concrete temperature, and when performing measurements using its implementation should be tailored to suit the IR measurements and factors that can lead to significant measurement errors. Since these factors can greatly affect the measurement result. Reliability indirect MOTB (method of determining the temperature of the concrete) with pyrometers is achieved by using the calculated accurate according to a certain type of decks and compliance with the measurement rules to ensure the work of this relationship within the allowable range of accuracy.

Key words: infrared technology, control concrete temperature, thermometer, thermal imager, temperature and strength control.

Антохин Павел Игоревич, магистрант кафедры технология и организация строительного производства.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, Москва, Ярославское ш.,26.
E-mail: pavel-antokhin@rambler.ru

Дьяконов Игорь Тихонович, кандидат технических наук, доцент кафедры технология и организация строительного производства.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, Москва, Ярославское ш.,26.

Крюков И.В., начальник отдела ОНИРС УПКВК
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ С УКРЫТИЕМ, ОБОРУДОВАННЫМ БАЙПАСНОЙ КАМЕРОЙ И ПЕРФОРИРОВАННЫМ ЖЕЛОБОМ*

iliya.krukov@yandex.ru

В работе представлена инженерная методика расчета системы аспирации с рециркуляцией воздуха. Методика расчета базируется на основе имеющихся методик подбора и расчета, учитывая полученные в ходе экспериментов данные. Представлен коэффициент рециркуляции и его значения.

Ключевые слова: обеспыливающая вентиляция, аспирационное укрытие, рециркуляция воздуха, байпасирование.

Необходимость системы обеспыливающей вентиляции на предприятиях металлургической, горнодобывающей, сельскохозяйственной промышленности, при производстве строительных материалов обусловлена тем, что в ходе технологических операций в воздух рабочей зоны предприятия, а также в окружающую атмосферу промышленных площадок выбрасывается огромное количество пыли. Негативное влияние пыли на организм человека подтверждено в работах [1–4]. Для снижения выброса пыли места ее образования локализуют укрытиями, оборудованными местным отсосом [4–14]. Несмотря на свою эффективность затраты на эксплуатацию данных систем могут быть значительно выше.

В ходе множества проведенных экспериментов по исследованию процесса снижения объемов удаляемого из укрытия воздуха за счет рециркуляции воздуха при помощи комбинированного использования цилиндрической байпасной камеры и перфорации желоба возникла необходимость разработки инженерной методики расчета. Данная методика позволит производить расчеты системы обеспыливающей вентиляции с учетом полученных в ходе диссертационного исследования результатов.

Целью работы является разработка инженерной методики расчета удаляемого воздуха от аспирационного укрытия, оборудованного цилиндрической байпасной камерой и перфорированным желобом.

Основу методики составляют расчетные зависимости объема эжектируемого воздуха, одним из основных параметров которых является аэродинамическое сопротивление тракта "верхнее укрытие – желоб – нижнее укрытие" [2–4, 13, 14].

Исходными данными для выполнения расчета являются следующие величины:

1. Характеристика перегружаемого материала: гранулометрический состав, плотность материала ρ_m , расход материала G_m .

2. Характеристика перегрузочного узла: схема узла с высотами падения материала, площадь поперечного сечения желоба $S_{жс}$, тип аспирационного укрытия, площади неплотностей верхнего и нижнего укрытий.

Расчет объемов аспирируемого воздуха ведут в следующей последовательности.

1. Определяется скорость потока падающего по желобу материала при входе в укрытие v_k путем последовательного расчета скорости движения материала на каждом прямолинейном участке желоба. Т.к. в исследуемом укрытии желоб расположен только вертикально:

$$v_k = \sqrt{v_n^2 + 2gh}, \quad (1)$$

Скорость в желобе будет определяться следующим образом:

а) скорость в начале желоба

$$v_n = \sqrt{2gh_1}, \quad (2)$$

где h_1 – высота между конвейерной лентой и входом в загрузочный желоб.

б) скорость в конце участка

$$v_k = \sqrt{v_n^2 + 2gh_2}. \quad (3)$$

где h_2 – высота загрузочного желоба.

2. Значение объемной концентрации частиц в желобе, m^3/m^3 :

$$\beta = \frac{2 \cdot G_m}{\rho_m \cdot S_{жс} \cdot (1+n) \cdot v_k}, \quad (4)$$

где $n = v_n/v_k$ – отношение скорости потока частиц в начале желоба к конечной скорости потока;

3. Средний диаметр частиц перегружаемого материала, мм:

$$d = \sum_{i=1}^9 m_i d_i, \quad (5)$$

где m_i – процентное содержание (по массе) частиц диаметром d_i (определяется из гранулометрического состава материала);

При значении $d \leq 14,6 \cdot \sqrt{\beta}$ в качестве расчетного следует принимать средний диаметр $d = 14,6 \cdot \sqrt{\beta}$.

4. Сумма коэффициентов местных сопротивлений укрытий и желоба аспирационной системы

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{вн}} + \zeta_{\text{жс}} + \zeta_{\text{ну}}, \quad (6)$$

$\zeta_{\text{ну}}$ – к.м.с. нижнего укрытия; $\zeta_{\text{жс}}$ – к.м.с. желоба (для вертикальных желобов принимается $\zeta_{\text{жс}} = 1,5$, $\alpha = 90^\circ$); $\zeta_{\text{вн}}$ – к.м.с. верхнего укрытия. Стоит отметить, что при наличии перфорации стенок желоба в сумму к.м.с. $\sum \zeta$ гидравлического тракта системы "верхнее укрытие – желоб – нижнее укрытие" добавится значение $\zeta_{\text{перф}}$, которое будет зависеть от множества параметров.

Для укрытий имеющих жесткую внутреннюю перегородку величина $\zeta_{\text{ну}}$ зависит от отношения площади поперечного сечения желоба к площади перегородки $S_{\text{жс}}/S_n$ и отношения высоты перегородки к высоте укрытия H_n/H_y . Значение $\zeta_{\text{ну}}$ для данных укрытий представлены в таблице 1. Для укрытий без внутренней жесткой перегородки $\zeta_{\text{ну}} = 0$. Для случая рассматриваемого укрытия наличие жесткой вертикальной перегородки обязательно. Это позволит создать необходимое сопротивление между входным отверстием байпасной камерой и местным отсосом для лучшей рециркуляции эжектируемого воздуха.

Величина к.м.с. верхнего укрытия $\zeta_{\text{вн}}$ рассчитывается:

$$\zeta_{\text{вн}} = 2,4 \left(\frac{S_{\text{жс}}}{f_n} \right)^2, \quad (7)$$

где f_n – площадь неплотностей верхнего укрытия, м^2 .

Таблица 1

Значения $\zeta_{\text{ну}}$ для укрытий с двойными стенками и внутренней перегородкой

$S_{\text{жс}}/S_n$	H_n/H_y				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1,0	193	44,5	17,8	8,12	4,02
0,8	124	28,5	11,4	6,19	2,57
0,6	69,5	16,0	6,41	2,92	1,45
0,4	30,9	7,12	2,84	1,3	0,64
0,2	7,72	1,78	0,71	0,32	0,16
0,1	1,93	0,45	0,18	0,08	0,04

5. Коэффициент лобового сопротивления

$$\psi = 1,8 \cdot \exp \left[-1,8 \cdot \sqrt{\beta \cdot 10^3} / d \right]. \quad (8)$$

6. Значение числа Бутакова-Нейкова

$$Bu = 1,5 \cdot \psi \cdot \frac{G_m v_k}{d \cdot 10^{-3} \rho_m F_{\text{жс}} g \sum \zeta}. \quad (9)$$

По данной формуле вычисляется число Bu для вертикальных желобов и для желобов с преобладанием вертикальных участков.

7. Значение критерия Эйлера

$$Eu = \frac{P_y}{\sum \zeta \frac{v_k^2}{2} \rho_e}, \quad (10)$$

где P_y – разряжение в нижнем укрытии, ρ – плотность отсасываемого воздуха.

Если происходит аспирация технологического оборудования, обладающего вентилиру-

ющей способностью (дизинтеграторы, валковые и молотковые дробилки), то необходимо к разряжению в укрытии добавить величину давления $P_{об}$, развиваемого рабочими органами оборудования. В этом случае выражение (10) примет следующий вид

$$Eu = 2(P_y + P_{об}) / \rho_e \cdot v_k^2 \cdot \sum \zeta$$

8. При известных числах Bu и Eu можно найти коэффициент скольжения компонентов для равномерно ускоренного потока частиц по формуле:

$$\phi = \sqrt{Eu + \frac{Bu}{3} \left[|1 - \phi|^3 - |n - \phi|^3 \right]}. \quad (11)$$

Решение уравнения (11) можно найти, применяя метод последовательных приближений и полагая в качестве первого приближения

$$\varphi_1 = 0,5 \cdot \left(\frac{1+n}{2} + \sqrt{Eu} \right). \quad (12)$$

Если $\varphi_1 < n$, то следует определять величину φ решением квадратного уравнения (получаемого из (12), опуская знаки абсолютной величины и раскрывая скобки):

$$\varphi = \sqrt{\left(\frac{b}{(2a)^2} \right)^2 + c/a} - b/(2a) \quad (13)$$

где

$$a = 1 - Bu \cdot (1 - n) \quad (14)$$

$$b = (1 - n)^2 \cdot Bu \quad (15)$$

$$c = Eu + \frac{Bu}{3} (1 - n^3) \quad (16)$$

9. Расход воздуха, который поступает по желобу в нижнее укрытие, m^3/c :

$$Q_{жс} = \varphi \cdot v_k \cdot F_{жс} \cdot (1 - \beta)^2. \quad (17)$$

10. Расход воздуха, который поступает через неплотности в нижнее укрытие, m^3/c :

$$Q_n = 0,65 \cdot S_n \cdot \sqrt{\frac{2P_y}{\rho_g}} \quad (18)$$

где S_n – площадь неплотностей нижнего укрытия.

11. Транзитный расход воздуха, m^3/c :

$$Q_m = \kappa_p \cdot Q_{жс} \quad (19)$$

где κ_p – коэффициент рециркуляции.

Транзитный расход воздуха Q_m показывает, какое количество воздуха перетекает из приемной части укрытия в аспирируемую, из которой удаляется. Транзитный расход Q_m зависит от количества воздуха $Q_{жс}$ поступающего в приемную часть укрытия по желобу. Стоит также отметить и значение коэффициента рециркуляции κ_p , который согласно (19) равен отношению транзитного и эжектируемого (поступающего по желобу) воздуха

$$\kappa_p = \frac{Q_m}{Q_{жс}} \quad (20)$$

Можно также определить количество воздуха, идущее на рециркуляцию

$$Q_p = Q_{жс} - Q_m \quad (21)$$

Т.к. определить значение транзитного расхода воздуха достаточно сложно и требует много времени, то для упрощения расчета нами предлагается использовать значения коэффициента рециркуляции на основании полученных экспериментальных значений, выполненных при

имитации потока эжектируемого воздуха за счет нагнетателя и при перегрузке сыпучего материала, $\kappa_p = 0,4 - 0,5$ при наличии только байпасной камеры, $\kappa_p = 0,25 - 0,35$ – при наличии байпасной камеры и перфорации. Данные значения коэффициента рециркуляции κ_p были получены для оптимальных значений площади сечения байпасной камеры, при которых рециркуляция воздуха максимальна. Согласно экспериментальным исследованиям [13, 14], оптимальные значения для осуществления рециркуляции находятся в пределах 2 - 2,5.

12. Расход отсасываемого воздуха:

$$Q_a = Q_m + Q_n \quad (22)$$

Полученные значения расходов воздуха позволят провести гидравлический расчет воздухопроводов аспирационной системы.

Как уже отмечалось выше, для осуществления рециркуляции воздуха в предложенном аспирационном укрытии необходимо наличие оптимального отношения диаметров байпасной камеры и загрузочного желоба.

Можно предположить, что при большей площади сечения байпасной камеры, которая представляет собой сечение в виде кольца, образуемого коаксиально расположенными желобом и байпасом, значение гидравлического сопротивления будет меньше, а при меньшей площади – сопротивление больше. Если снижать диаметр байпаса D_b до диаметра желоба $D_{жс}$, то мы придем к тому, что байпасная камера будет отсутствовать, а, следовательно, ни о какой рециркуляции речи быть не может.

Опустив подробности подбора вентилятора и построения гидравлической характеристики сети, остается определить расчетную мощность электродвигателя, необходимую для стабильной работы выбранного вентилятора для обеспечения требуемых потерь давления и расходов воздуха. Мощность электродвигателя определяли по формуле

$$N = \frac{Q_3 \cdot P_3}{1000 \cdot \eta_g \cdot \eta_n} \quad (23)$$

где Q_3 и P_3 – расчетные значения расхода воздуха и потерь давления с учетом коэффициента запаса равного 1,1; η_g – к.п.д. вентилятора равное для подобранного нами вентилятора 0,7; η_n – к.п.д. передачи равное 0,95.

Как видно из формулы 23 при снижении Q_3 будет уменьшаться мощность электродвигателя N , что приведет к снижению затратам на работу электродвигателя вентилятора.

**Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект МД-95.2017.8).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабанов С.А., Гайлис П.В. Пневмокониозы от воздействия производственной пыли различной степени фиброгенности // Трудный пациент. 2010. Т.8. №5. С. 35–38.
2. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Изд. Химиздат, 2005. 659 с.
3. Логачёв И.Н., Логачёв К.И., Аверкова О.А. Энергосбережение в аспирации. Теоретические предпосылки и рекомендации. Москва–Ижевск: РХД, 2013. 504 с.
4. Logachev I.N., Logachev K.I., Industrial Air Quality and Ventilation Controlling Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2014, 401 p.
5. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation. Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2015, 549 p.
6. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Эжекция воздуха потоком сыпучего материала в пористой вертикальной трубе с байпасной цилиндрической камерой // Инженерно-физический журнал. 2015. Т. 88. № 4. С. 813–826.
7. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 1. Закономерности изменения эжекционного напора в желобах // Известия вузов. Строительство. 2013. №9. С. 53–63.
8. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 2. Эжектирующие свойства ленточного ковшового элеватора // Известия вузов. Строительство. 2013. №10. С.38–47.
9. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 3. Обсуждение результатов исследований // Известия вузов. Строительство. 2014. №1. С. 66–74.
10. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 1. Особенности расчетной схемы аспирации элеваторных перегрузок // Известия вузов. Строительство. 2014. №2. С. 46–56.
11. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 2. Снижение объемов аспирации // Известия вузов. Строительство. 2014. №3. С.42–51.
12. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 3. Результаты расчетов и их обсуждение // Известия вузов. Строительство. 2014. №4. С. 86–98.
13. Логачев К.И., Крюков И.В., Аверкова О.А. Моделирование воздушных потоков в аспирационном укрытии с рециркуляцией // Новые огнеупоры. 2015. № 8. С.57–62.
14. Логачев К.И., Крюков И.В., Аверкова О.А. Моделирование воздушных потоков в аспирационном укрытии с рециркуляцией // Новые огнеупоры. 2015. №8. С. 57–62.

Kryukov I.V.

THE DESIGN OF ENGINEERING METHOD OF CALCULATING THE ASPIRATION SYSTEM WITH SHELTER, EQUIPPED WITH A BYPASS CHAMBER AND PERFORATED TROUGH

The paper presents an engineering method for calculating aspiration system with air recirculation. Method of calculation is based on the existing selection procedures and calculation, considering the data obtained in the experiments. Presented recycling rate and its value.

Key words: dedusting ventilation, ventilation shelter, air recycling, bypassing.

Крюков Илья Валерьевич, начальник ООНИРС УПКВК.

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

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

E-mail: iliya.kryukov@yandex.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/24710

Жерновая Н.Ф., канд. техн. наук, доц.,
Скрятина Е.Ю., аспирант,
Онищук В.И., канд. техн. наук, доц.,
Затакова Р.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ КОЛЕМАНИТА КАК СТЕКОЛЬНОГО СЫРЬЯ

viktor_onishchuk@mail.ru

Боросиликатные стекла имеют широкий диапазон химических составов. Актуальным является вопрос поиска качественного и недорогого борсодержащего сырья. ООО «Этипродакт» предлагает замену борной кислоты на кальциевый борат колеманит, что приводит к обязательному присутствию в стеклах оксида бора и оксида кальция и способствует определенным технологическим сложностям. Таким образом, имеет смысл выполнить исследования стеклообразования, фазового разделения и свойств стекол в системы материалов «колеманит-сода-песок» с широкими пределами варьирования оксидов в экспериментальных стеклах.

Ключевые слова: боросиликатное стекло, оксид бора, колеманит, пирекс, ликвация, стеклообразование, структура стекла, экспериментальное стекло, термический коэффициент линейного расширения.

Группа боросиликатных стекол охватывает широкий диапазон разнообразных химических составов, в том числе промышленно важных: стекла типа пирекс, нейтральные, химически и термически стойкие медицинские стекла, в том числе стекла первого гидролитического класса (ПГК), стекловолокна различного назначения (марки Е, С, D), глазури, эмали и т.п.

Такой широкий диапазон функциональной применимости боросиликатных стекол обусловлен наличием в их составах уникального компонента — оксида бора, одновременно повышающего механические свойства, термическую и химическую стойкость и снижающего температуру варки. В зависимости от заданных показателей свойств содержание оксида бора в составе стекол варьирует от 1...3 до 10...15, в некоторых случаях его содержание составляет даже 20 мас. %, что актуализирует вопрос наличия на рынке сырьевых материалов качественного борсодержащего сырья, которое для российских заводов является достаточно дорогим и дефицитным.

К главнейшим минералам бора, встречающимся в промышленно разрабатываемых месторождениях, относят: натровые бораты — буру ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), тинкаконит ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), кернит ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); натрово-кальциевые бораты — улексит ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$); кальциевые бораты — колеманит ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); боросиликаты — датолит ($\text{Ca}_2\text{B}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_2$) и данбурит $\text{CaB}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}$ [1].

Отечественные стекольные заводы многие годы традиционно используют борсодержащее сырье (борную кислоту, борат кальция, борный ангидрид, датолитовый концентрат) АО «Горно-химическая компания Бор» (Приморский край), разрабатывающего крупнейшее в России и Юго-восточной Азии Дальнегорское борно-рудное месторождение.

В последние годы на российский сырьевой рынок внедряется мировой лидер в области добычи и поставки борной минеральной руды, очищенной борной кислоты и боратов натрия компания «ETI MADEN I.G.M.», обладающая 74,8 % всех известных мировых запасов бора, создавшая для работы в России и странах СНГ ООО «ЭТИПРОДАКТС» [2], целью которого является совместная с рядом российских и белорусских научно-исследовательских институтов широкомасштабная работа по обеспечению предприятий новыми технологиями, позволяющими получить значимый технологический и экономический эффект за счёт применения соединений бора, поставляемых ею на российский рынок стекольного сырья.

В рамках расширения сферы продаж соединений бора, ООО «ЭТИПРОДАКТС» неоднократно информировало производителей стекла об экономических и экологических преимуществах замены борной кислоты (H_3BO_3) на колеманит $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в процессе получения стеклообразных материалов, проведены лабораторные испытания колеманита в шихтах листо-

вого стекла [3-5] и стекловолокна [6]. Представляется, что для отечественных и зарубежных производителей стекла, а также для поставщиков соединений бора весьма полезными могут стать данные, полученные в результате системной априорной оценки и последующей апробации в ходе экспериментальных исследований возможных границ применимости колеманита в стеклоделии.

Колеманит является наиболее доступным борным минералом, встречается в виде больших прозрачных и полупрозрачных кристаллов в основном в глинистых зонах, бледно-желтого или сероватого цвета. Твердость колеманита 4,45 по шкале Мооса, удельный вес 2420 кг/м^3 , объемная плотность 1000 кг/м^3 , температура плавления 986°C [7].

Химический состав колеманита ООО «Этипродактс» характеризуется достаточной степенью стабильности, мас. %: $\text{B}_2\text{O}_3 - 40,0 \pm 1$; $\text{CaO} - 27,0 \pm 1$; $\text{SiO}_2 - 4,0 - 6,0$; $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{max})} - 0,08$; $\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{max})} - 0,4$; $\text{MgO}_{(\text{max})} - 3,0$; $\text{Na}_2\text{O}_{(\text{max})} - 0,35$ [2]. В колеманите оксиды бора и кальция химически связаны и при введении колеманита в стекольные шихты будут переходить в стекло в соотношении $\text{CaO/B}_2\text{O}_3$, изменяющемся от формульного значения $0,533$ ($2\text{CaO}/3\text{B}_2\text{O}_3 = 2 \cdot 56/3 \cdot 70$) для чистого колеманита до $0,675$ в присутствии сопутствующего минерала кальция.

Обязательное присутствие в стеклах оксидов B_2O_3 и CaO при использовании колеманита

в качестве сырьевого материала, предположительно, может привести к определенным технологическим сложностям протекания процессов стекловарения, стеклования, фазового разделения, особенно в случае значительных (более 10 мас. %) содержаний оксида бора. Основанием являются: сложная функция бора в построении структуры стекла, значительное и неоднозначное влияние оксидов B_2O_3 и CaO на температурную зависимость вязкости, склонность к ликвации кальцийборосиликатных расплавов, проявление «борной аномалии» и др.

Таким образом, для установления рациональных границ эффективной применимости колеманита в качестве стекольного сырья имеет смысл выполнить исследования стеклообразования, фазового разделения и свойств стекол в системе материалов «колеманит – сода – песок» при широком варьировании содержания каждого компонента (рис. 1, табл. 1). Широкие пределы варьирования оксидов в экспериментальных стеклах, мас. %: $\text{SiO}_2 - 50 \dots 86$, $\text{B}_2\text{O}_3 - 4 \dots 25$, $\text{CaO} - 3 \dots 17$, $\text{Na}_2\text{O} - 6 \dots 22$ при различных вариантах их сочетания охватывают практически все варианты составов промышленных и проектных боросиликатных стекол.

Расчет и анализ структурно-химических параметров позволяет утверждать, что все представленные составы склонны к стеклообразованию.

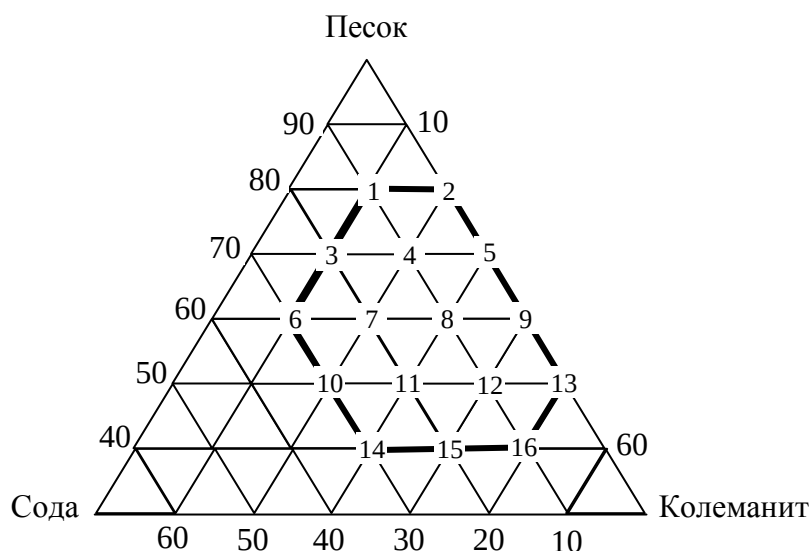


Рис. 1. Расположение экспериментальных составов шихт в системе материалов «колеманит – сода – песок»

Координационное число бора КЧ_B , установленное в соответствии с величиной коэффициента $\varphi_\text{B} = (m_{\text{Na}_2\text{O}} + 0,7m_{\text{CaO}})/m_{\text{B}_2\text{O}_3}$ [8], для большинства разработанных составов имеет значение 4, следовательно, катион B^{3+} в виде

боркислородных тетраэдров $[\text{BO}_4]^{5-}$ будет встраиваться в структурную сетку стекла, увеличивая степень ее разветвленности и склонность расплавов к стеклообразованию. В бесщелочных составах 2, 5, 9, 13 вследствие нехватки «донорского» кислорода часть бора будет иметь

тригональную координацию и встраиваться в структуру стекла в виде треугольников $[\text{BO}_3]^{3-}$. В стеклах с высоким содержанием B_2O_3 , например составы 13, 15, могут, по-видимому, фор-

мироваться более сложные структурные комплексы с участием 3-х- и 4-х координированного бора (рис. 2) [9].

Таблица 1

Вещественный состав шихт, химический состав и структурно-химические параметры экспериментальных стекол

Номер состава	Состав шихт, мас. %			Состав стекол, мас. %				Структурные параметры			
	Песок	Сода	Коле-манит	SiO_2	Na_2O	B_2O_3	CaO	ϕ_{B}	KЧ_{B}	f_{Si}	γ
1	80	10	10	86,31	6,29	4,36	3,04	2,2	4	0,45	3,82
2	80	0	20	85,36	0,00	8,62	6,01	0,6	3, 4	0,43	3,80
3	70	20	10	79,08	13,17	4,57	3,18	3,9	4	0,43	3,73
4	70	10	20	78,18	6,51	9,02	6,29	1,4	4	0,41	3,70
5	70	0	30	77,29	0,00	13,38	9,33	0,6	3, 4	0,39	3,68
6	60	30	10	71,14	20,73	4,79	3,34	5,5	4	0,40	3,60
7	60	20	20	70,29	13,65	9,46	6,60	2,2	4	0,38	3,59
8	60	10	30	69,45	6,74	14,02	9,78	1,2	4	0,36	3,57
9	60	0	40	68,64	0,00	18,47	12,89	0,6	3, 4	0,35	3,56
10	50	30	20	61,59	21,52	9,95	6,94	3,1	4	0,35	3,43
11	50	20	30	60,82	14,16	14,73	10,28	1,7	4	0,33	3,43
12	50	10	40	60,08	6,99	19,40	13,53	1,0	4	0,31	3,43
13	50	0	50	59,36	0,00	23,94	16,70	0,6	3, 4	0,30	3,42
14	40	30	30	51,27	22,38	15,52	10,83	2,2	4	0,29	3,24
15	40	20	40	50,62	14,72	20,42	14,24	1,4	4	0,28	3,25
16	40	10	50	49,98	7,26	25,19	17,57	0,9	3, 4	0,26	3,27

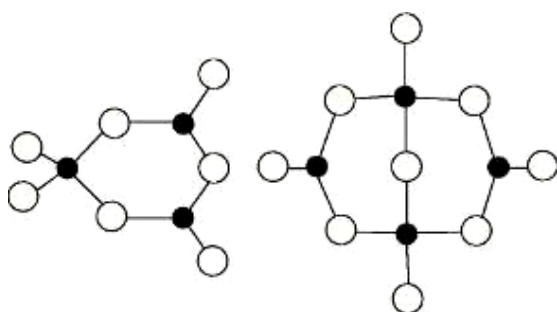


Рис. 2. Структуры боратных группировок:
а) триборатная; б) диборатная.
● – атом бора, ○ – атом кислорода

Следует отметить, что при использовании в шихтах Colemanita даже в бесщелочных стеклах координационное число бора будет принимать значение 4, так как оксид кальция, являясь «донором кислорода», обеспечивает значение $\phi_{\text{B}} > 0,333$.

В целом, участие катионов бора в построении структурной сетки стекла увеличивает степень ее разветвленности γ , образующиеся структуры следует отнести к слоисто-каркасным (при $\gamma < 3,5$) и каркасно-слоистому (при $\gamma > 3,5$) типам, являющимся наиболее предпочтительными для стеклообразующих расплавов. В то время как степень связности кремнекислородной сетки f_{Si} для стекол, полученных из шихт с содержанием 50% песка и менее, имеет значение $< 0,333$, что соответствует цепочечному типу

структуры и с точки зрения кристаллохимии является критическим показателем для стеклообразования.

Для натрий- и кальцийборосиликатных систем процесс фазового разделения в виде ликвации следует считать скорее нормой, а не исключением, в связи с чем следует ожидать его проявления в той или иной мере и в разработанных экспериментальных составах на базе Colemanita. С целью прогнозирования ликвации составы стекол были пересчитаны на трехкомпонентные в системах оксидов $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и нанесены на соответствующие диаграммы состояния (рис. 3).

Известно, что области стабильной ликвации (ликвация расплавов) исключаются из области стеклообразования систем. При метастабильной ликвации, характерной для переохлажденных расплавов (стекол), разделение фаз, вследствие высокой вязкости, происходит крайне медленно. Визуальное проявление внешних признаков изменения микроструктуры стекла (опалесценция, глушение) зависит от того, с какой скоростью охлаждается стекло и при какой температуре (вязкости) оно входит в область метастабильной ликвации. Например, в случае быстрого охлаждения расплава и температурной границы ликвации, соответствующей вязкости 10^{12} Па·с, разделение фаз замедляется настолько, что изменения микроструктуры невозможно наблюдать невооруженным глазом [10,11].

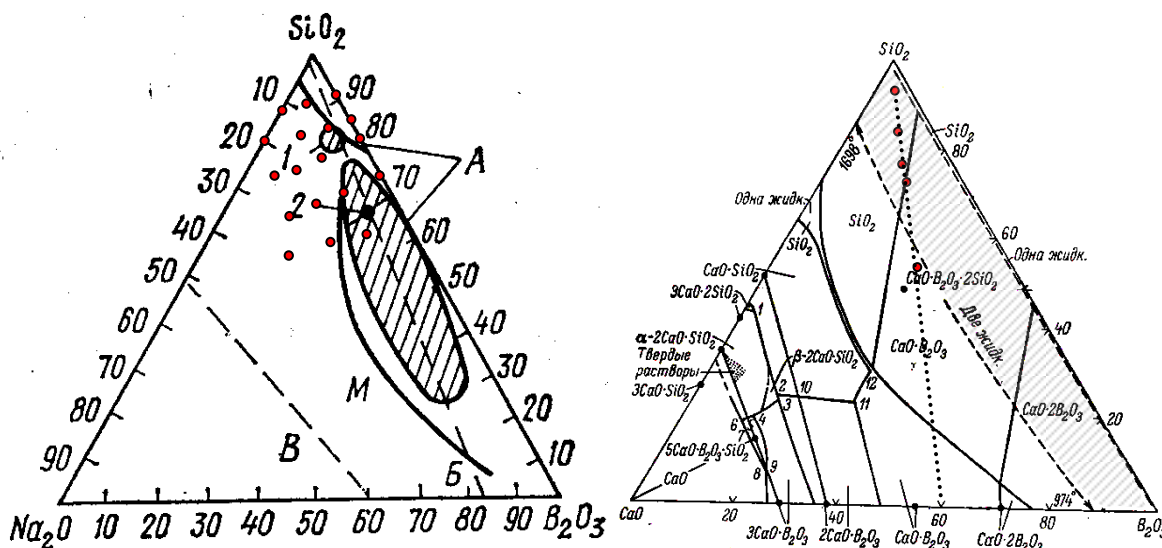


Рис. 3. Расположение экспериментальных составов стекол на диаграммах состояния систем $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Области стабильной ликвации заштрихованы

Определение области ликвирующих стекол, полученных в системе материалов «колеманит – сода – песок», исследование механизма фазового разделения, а также способов его стимулирования и подавления – чрезвычайно важная и сложная научно-практическая задача.

Обоснованная рациональная постановка экспериментальных исследований системы материалов «колеманит – сода – песок», во многом предопределяющая их эффективность, надежность и достоверность, невозможна без предварительного анализа температурных зави-

симостей вязкости (η) стекол. Для расчета вязкости представленных составов (см. табл. 1) были предложены алгоритмы, базирующиеся на методах МТШ и Гельгофа, Томаса, с последующим выводением уравнения Фогеля–Фулчера–Таммана $\lg \eta = A + B/(T - T_0)$, где T – температура, A , B и T_0 – константы [12]. Результаты расчетов (рис. 4) следует считать приближительными ввиду отсутствия прямого способа расчета и многоступенчатости использованных алгоритмов.

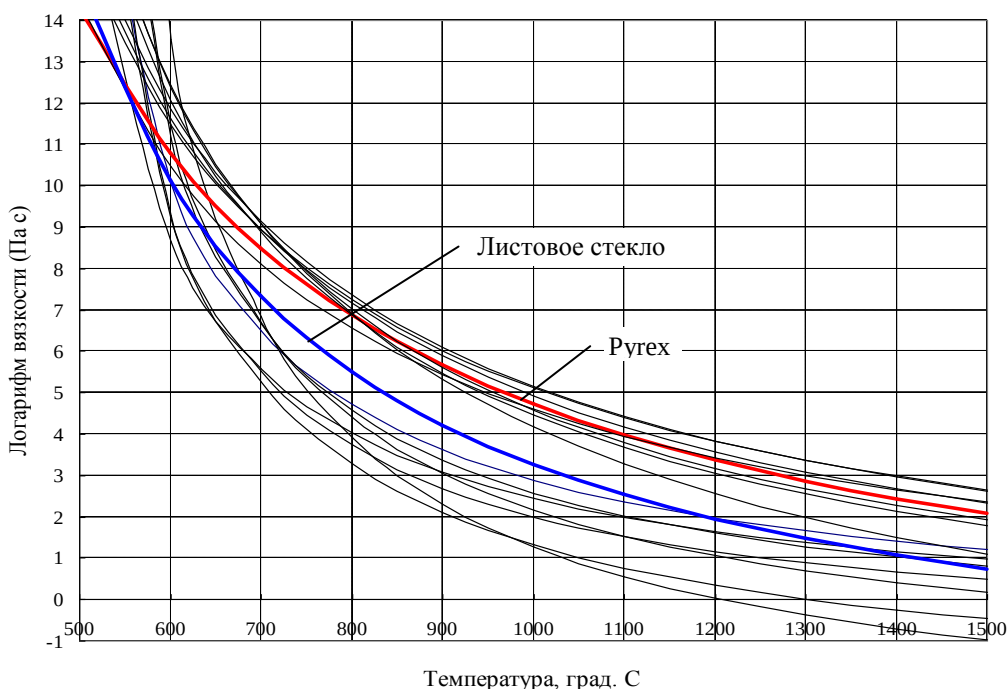


Рис. 4. Температурная зависимость вязкости экспериментальных стекол в сравнении с политермами листового стекла и стекла Pyrex

Тем не менее, анализ представленных (рис. 4) температурных зависимостей вязкости позволяет сделать следующие выводы:

– разработанные экспериментальные составы стекол существенно различаются по уровню динамической вязкости, например при

1500 °С вязкость состава 15 (см. рис. 1) равна примерно 10^{-1} Па·с (сравните масло оливковое – 0,085 Па·с), а состава 9 – $10^{2,7}$ Па·с. Вязкость листового стекла при этом составляет около 10 Па·с, а стекла ругех – 10^2 Па·с;

– температурный интервал варки (устанавливается по характеристическим значениям вязкости $10\text{--}10^2$ Па·с) для легкоплавких (в сравнении с листовым стеклом) составов оценивается как 1000–1200 °С, для тугоплавких (сравнимых со стеклом ругех) – 1400–1500 °С и более;

– существует вероятность кристаллизации при выработке жидкотекучих расплавов 10, 14, 15;

– составы, в шихтах которых содержится значительное количество колеманита и соды, являются легкоплавкими и «короткими» (быстротвердеющими), вследствие неоднозначного влияния на вязкость оксидов B_2O_3 и CaO – понижают вязкость при высоких температурах и повышают при низких.

По результатам расчета вязкости были установлены температуры исследования областей стеклообразования в системе материалов «колеманит – сода – песок» – 1100, 1300 и 1500 °С, время выдержки принято – 1 ч.

Расчет физико-механических свойств экспериментальных стекол был выполнен по аддитивному методу А.А. Аппена [8] (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные значения физико-механических свойств экспериментальных стекол

Номер стекла	ρ , кг/м ³	n_D	E, ГПа	G, ГПа	ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$, К ⁻¹
1	2351	1,490	73,95	30,68	43,17
2	2320	1,489	73,56	30,81	24,17
3	2421	1,502	72,46	29,46	73,46
4	2447	1,511	77,35	31,95	53,14
5	2385	1,506	75,00	31,27	33,19
6	2498	1,515	71,05	28,23	106,54
7	2538	1,526	77,64	31,58	83,94
8	2499	1,525	81,01	33,32	62,55
9	2449	1,521	76,84	31,91	41,59
10	2588	1,535	77,31	30,85	113,92
11	2556	1,535	83,06	33,78	90,54
12	2526	1,536	86,01	35,31	67,65
13	2481	1,534	79,90	33,13	45,25
14	2653	1,551	84,93	34,09	118,97
15	2617	1,551	88,98	36,18	94,46
16	2583	1,552	90,43	37,12	70,50

Плотность стекол изменяется от 2300 до 2600 кг/м³. Стекла характеризуются высокими прочностными показателями и имеют широкий диапазон значений термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) – от $(25\text{...}40) \cdot 10^{-7}$ К⁻¹, что характерно для термостойких стекол, до $(90\text{...}120) \cdot 10^{-7}$. Варьирование в широких пределах значений ТКЛР предопределяет возможность получения на базе рассматриваемой системы стекловидных покрытий, согласованных с различными материалами – металлами, керамикой, стеклом.

Предварительная комплексная расчетно-аналитическая оценка системы материалов «колеманит – сода – песок» на предмет стеклообразования и свойств стекол показала следующее:

– все экспериментальные составы, разработанные в широком диапазоне варьирования каждого из материалов, по значению структурно-химических параметров и уровню динамиче-

ской вязкости следует отнести к стеклообразующим;

– учитывая температурную зависимость вязкости, целесообразно исследовать процесс стеклообразования при температурах 1100, 1300 и 1500 °С;

– предполагается возможность кристаллизации в процессе охлаждения наименее вязких, жидкотекучих расплавов ($\lg \eta < 0$);

– в малощелочных составах, содержащих значительные количества B_2O_3 , а, следовательно, и CaO, весьма вероятен процесс фазового разделения в виде ликвации; особенности процесса и возможность его визуального проявления будут установлены в ходе эксперимента;

– все составы стекол характеризуются высокими прочностными показателями и широким диапазоном значений ТКЛР, что является следствием влияния оксидов бора и кальция и дает основания говорить о разнообразных функ-

циональных возможностях и областях эксплуатации рассматриваемых стекол.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обзор рынка бора и боратов в СНГ и прогноз его развития в условиях финансового кризиса: Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности/ Москва, 2009. – 57 с.
2. ООО «Этипродактс» (официальный сайт) [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etimaden.ru/> (дата обращения 08.09.2016).
3. Бондарева Л.Н., Горина И.Н., Полкан Г.А., Заварина С.В. и др. Борсодержащие материалы – перспективное сырье для стекольной промышленности. Стеклопрогресс – XXI: Сборник докладов 7 Международной конференции. Саратов. 2014. С. 12-15.
4. Полкан Г.А., Горина И.Н., Игитханян Ю.Г., Заварина С.В. и др. Результаты исследований различных видов борсодержащего сырья фирмы «Eti Maden Isl. G.M.» в производстве флоат-стекла. Стеклопрогресс – XXI: Сборник докладов 7 Международной конференции. Саратов. 2014. С. 16–21.
5. Скурятин Е.Ю., Онищук В.И., Жерновая Н.Ф., Затакова Р.А. Исследование возможности использования колеманита в технологии листового стекла// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 200-205.
6. Павлюкевич Ю.Г., Левицкий И.А., Мазура Н.В. Использование колеманита в производстве стеклянного волокна// Стекло и керамика. 2009. №10. С. 9–13.
7. Колеманит [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pro-kamni.ru/kolemanit> (дата обращения 13.10.2016).
8. Аппен А.А. Химия стекла//Л.: Химия. 1974. 352 с.
9. М.М. Шульц. Стекло: структура, свойства, применение // Соросовский общедобразовательный журнал. 1996. №3. С. 49-55.
10. Основные положения вопроса о метастабильной ликвации в стеклах [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spektr-izoplast.com/osnovnye-polozheniya-voprosa-o-metastabilnoj-likvacii-v-steklax/> (дата обращения 09.10.2016).
11. Милуков Е.М., Касымова С.С. Несмешивающиеся расплавы и стекла// Ташкент: Изд-во: «Фан», 1981. 176 с.
12. Мазурин О.В., Николина Г.П., Петровская М.Л. Расчет вязкости стекол// Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1988. 48 с.

Zhernovaya N.F., Skuryatina E.Y., Onischuk V.I., Zatakova R.A.

A PRIORI ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS AND LIMITS OF APPLICABILITY OF COLEMANITE AS GLASS RAW MATERIALS

Borosilicate glass has a wide range of chemical compositions. Relevant is the question of finding quality and affordable boron-containing raw materials. ООО "Ecoproduct" offers replacement of boric acid on the calcium borate colemanite, which leads to the obligatory presence in the glass of boron oxide and calcium oxide, and contributes to certain technical difficulties. Thus it makes sense to execute research of stekloobrazovaniya, phase separation and properties of glasses in the system of records "colemantite-soda-sand" with wide limits of variation of oxides in experimental glasses.

Key words: borosilicate glass, boron oxide, colemanite, Pyrex, liquation, glass formation, structure of glasses, experimental glass, the thermal coefficient of linear expansion.

Жерновая Наталья Фёдоровна, кандидат технических наук, доцент.

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

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

Скурятин Елена Юрьевна, аспирант.

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

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

E-mail: alena.skuryatina@mail.ru

Онищук Виктор Иванович, кандидат технических наук, доцент.

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

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

Затакова Раиса Александровна, студент.

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

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

Андронов С.Ю., канд. техн. наук, доц.,
Задирака А.А., аспирант

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ И ДЛИНЫ НАРЕЗКИ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМПОЗИЦИОННОЙ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

alex.zadiraka@mail.ru

Проведены эксперименты по введению базальтовой фибры с различной плотностью и длиной нарезки в состав композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси, выполнены лабораторные испытания образцов асфальтобетонов, установлены оптимальные плотность и длина нарезки базальтовой фибры для введения в асфальтобетонные смеси

Ключевые слова: технология производства композиционного материала, базальтовая фибра, плотность базальтовой фибры, длина нарезки базальтовой фибры, лабораторные испытания образцов асфальтобетонов, введение базальтовой фибры в асфальтобетонную смесь.

Введение. В транспортном строительстве повсеместно применяется асфальтобетон, который подвержен трещинообразованию, шелушению, выкрашиванию, образованию колеи, волн и впадин. Способом повышения устойчивости асфальтобетона к внешним нагрузкам является введение в его состав волокон и нитей. Введение в асфальтобетонную смесь небольших по размеру (дискретных) элементов позволяет добиться их равномерного распределения (дисперсии) в смеси, и получить “композитный” материал с более высокими физико-механическими показателями в готовом конструктивном элементе [1].

Основная часть. В России действуют методические рекомендации по армированию асфальтобетонных покрытий базальтовыми волокнами (фиброй) [2], но по причине отсутствия

технологии и опыта введения фибры в состав смеси широкого применения в асфальтобетонных смесях базальтовая фибра не получила. Отсутствует также опыт изготовления асфальтобетонных смесей с добавками фибры на серийно выпускаемых смесителях асфальтобетонных заводов.[5]

С учётом этого в настоящей работе приготовление композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей осуществлялось в лабораторной мешалке, принцип действия которой аналогичен смесителю асфальтобетонного завода, с вращающимися горизонтально расположенными валами с лопатками. На рисунке 1 показано фото лабораторной мешалки, работающей по типу смесителей асфальтобетонного завода.



Рис.1. Мешалка лабораторная (с горизонтально расположенными валами с лопатками)
а) Общий вид; б) Рабочая камера

Для исследований применялась асфальтобетонная смесь типа Б, марки I по ГОСТ 9128-2013 [3]. Смесей для исследований готовились по обычной стандартной технологии производства горячих асфальтобетонных смесей. Введение фибры в состав асфальтобетонной смеси выпол-

нялось с помощью воздуходувки сразу после введения в асфальтобетонные смеси вяжущего.[6]

В состав смесей вводилось базальтовое волокно с различной плотностью и длиной нарезки. Изготовление контрольных образцов из этих

смесей и их испытание выполнялось в соответствии с ГОСТ 12801 - 98 [4]. Исходная асфальтобетонная смесь типа Б марки I и асфальтобетонные смеси типа Б марки I с добавкой базальтового волокна испытывались по показателям связанным с устойчивостью асфальтобетона к колейности: предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения, сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С, трещиностойкость по пределу проч-

ности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин. В асфальтобетонные смеси вводилась добавка базальтовой фибры в количестве 0,4 % в соответствии с рекомендациями [2] по массе смеси.

Все результаты испытаний, сравнивались с показателями исходной смеси без марки I типа Б и друг с другом в зависимости от плотности и длины нарезки базальтовой фибры. Результаты приведены в таблицах 1–4.[7,8]

Таблица 1

Зависимость прочности образцов композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона при 50°С от плотности и длины нарезки базальтовой фибры

Показатель предела прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа							
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки базальтовой	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с плотностью нити и длиной нарезки			
от	÷	до		Плотность нити	12 мм	15 мм	18 мм
1,3			1,6	54 текс	1,9	1,9	1,9
				120 текс	1,8	1,8	1,9
				240 текс	2.0	2.1	2.0

По результатам испытаний композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, изготовленных с использованием базальтовой фибры с различной плотностью и длиной нарезки, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав смеси приводит, к увеличению и улучшению прочности при 50 °С. Все показатели предела прочно-

сти на сжатие при 50 °С лучше чем у смеси без добавки базальтовой фибры и в среднем улучшение составляет 25 %. Установлена зависимость увеличения прочности при 50 °С с увеличением плотности базальтовой фибры. Прямой зависимости показателя от длины нарезки не наблюдается. [9, 10]

Таблица 2

Зависимость сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона от плотности и длины нарезки базальтовой фибры

Показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения							
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон типа Б марки I без добавок базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с плотностью нити и длиной нарезки			
от	÷	до		Плотность нити	12 мм	15 мм	18 мм
0,83			0,83	54 текс	0,89	0,90	0,89
				120 текс	0,90	0,91	0,89
				240 текс	0,92	0,92	0,93

По результатам испытаний композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, изготовленных с использованием базальтовой фибры с различной плотностью и длиной нарезки, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав смеси приводит к улучшению показателя сдвигоустой-

чивости по коэффициенту внутреннего трения. В среднем показатель улучшается на 9,5 %. Установлена зависимость улучшения сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения с увеличением плотности базальтовой фибры. Показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения практически

не изменяется в зависимости от длины нарезки базальтовой фибры. По-видимому с увеличением плотности базальтовой фибры происходит более интенсивное её переплетение с каркасными зернами смеси, а также более стабильное и

равномерное распределения в объёме асфальтобетонной смеси с увеличением показателя сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения.

Таблица 3

Зависимость сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона от плотности и длины нарезки базальтовой фибры

Сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при температуре 50 °С							
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с базальтовой фиброй с различной плотностью нити и длиной нарезки			
от	÷	до		Плотность нити	6 мм	12 мм	18 мм
0,38			0,44	54 текс	0,46	0,47	0,48
				120 текс	0,46	0,48	0,49
				240 текс	0,51	0,51	0,53

По результатам испытаний композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона с добавкой базальтовой фибры с различной плотностью и длиной нарезки, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав смеси приводит к улучшению показателя сдвигоустойчивости по сцеплению при сдвиге при

температуре 50 °С. В смесях с базальтовой фиброй, в среднем, показатель улучшается на 12,5 %. В среднем, наблюдается зависимость улучшения сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения при 50 °С с увеличением плотности и длины нарезки фибры.

Таблица 4

Зависимость показателя трещиностойкости композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси от плотности и длины нарезки базальтовой фибры

Показатель трещиностойкости							
Требования ГОСТ 9128-2013 к марке I типу Б			Асфальтобетон марки I типа Б без добавки базальтовой фибры	Композиционный дисперсно-армированный асфальтобетон с добавкой базальтовой фибры с различной плотностью нити и длиной нарезки			
от	÷	до		Плотность нити	6 мм	12 мм	18 мм
4,0	÷	6,5	4,30	54 текс	4,30	4,30	4,35
				120 текс	4,30	4,35	4,35
				240 текс	4,35	4,30	4,30

По результатам испытаний композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона, изготовленного с использованием базальтовой фибры с различной плотностью и длиной нарезки, можно сделать выводы, что введение базальтовой фибры в состав асфальтовых смесей практически не приводит к изменению показателя трещиностойкости.

Выводы по влиянию на свойства композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона плотности и длины нарезки базальтовой фибры.

При введении в состав асфальтобетонных смесей базальтовой фибры происходит улучшение (увеличение) показателей предела прочности на сжатие при 50 °С и сдвигоустойчивости. Показатель трещиностойкости практически не изменяется при введении в асфальтовые смеси базальтовой фибры. Установлено, что с увеличением плотности и длины нарезки базальтовой фибры показатель сдвигоустойчивости по коэффициенту внутреннего трения при 50 °С улучшается. С увеличением плотности базальтовой фибры происходит улучшение сдвиго-

устойчивости по коэффициенту внутреннего трения. С увеличением плотности базальтовой фибры происходит увеличение (улучшение) показателя предела прочности образцов асфальтобетона на сжатие при 50 °С.

Основываясь на результатах выполненных исследований установлено, что введение базальтовой фибры в состав асфальтобетонных смесей будет способствовать получению композиционных дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей с улучшенным комплексом показателей физико-механических свойств, что будет также способствовать увеличению сроков службы дорожных покрытий из композиционного дисперсно-армированного асфальтобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий. Методические рекомендации. Омск: СибАДИ. 2004.
2. Методические рекомендации по технологии армирования асфальтобетонных покрытий добавками базальтовых волокон (фиброй) при строительстве и ремонте автомобильных дорог (Утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-12-р от 11.01.2002).
3. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
4. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний
5. Челпанов И.Б., Евтеева С.М., Талалай В.В., Кочетков А.В., Юшков Б.С. Стандартизация испытаний строительных, дорожных материалов и изделий // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. № 2. С. 57–68.
6. А.с. 1216012 СССР, МКИЗ В 28 В 13/02. Устройство для уплотнения строительных смесей в форме / А.Ф. Иванов, А.В. Потапов, Н.А. Горнаев, И.В. Михайлов (СССР). – № 3834339 ; заявл. 30.12.84 ; опубл. 07.03.86, Бюл. № 9. 3 с. : ил.
7. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. М.: Наука, 1985. 398 с.
8. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. М. ООО «Издательство «Элит». 2009. 176 с.
9. Ляпина А.И., Плотникова И.А. Анализ сопоставления графического и расчётного методов определения показателей дисперсности битумных эмульсий // Тр. СоюздорНИИ. 1977. № 100. С. 120–130.
10. Пат. № 2351703 Российская Федерация. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Н.А. Горнаев, В.Е. Никишин, С.М. Евтеева, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов. Опубл. 10.04.09.

Andronov S.Yu., Zadiraka A.A.

INFLUENCE OF DENSITY AND LENGTH OF CUTTING OF BASALT FIBER ON PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS OF COMPOSITE DISPERSION-REINFORCED ASPHALT-CONCRETE MIXTURE

Experiments on the introduction of basalt fiber with various density and length of cutting into the composition of the dispersed-reinforced asphalt mixture were carried out, laboratory tests of asphalt concrete samples were carried out, the optimal density and length of cutting basalt fiber for introduction into asphalt concrete mixtures

In transport construction, asphalt concrete is widely used, which is prone to cracking, peeling, chipping, formation of stakes, waves and depressions. The way to increase the resistance of asphalt concrete to external loads is the introduction of fibers and threads into its composition. Introduction to the asphalt-concrete mixture of small (discrete) elements allows to achieve their uniform distribution (dispersion) in the mixture, and to obtain a "composite" material with higher physical and mechanical properties in the finished structural element

Key words: composite material production technology, basalt fiber, basalt fiber density, basalt fiber cutting length, laboratory tests of asphalt concrete samples, introduction of basalt fiber into the asphalt concrete mixture.

Андронов Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: atomic08@yandex.ru

Задирака Алексей Анатольевич, аспирант, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: alex.zadiraka@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/24628

Теличенко В.И., д-р техн. наук, проф.,
Кайтуков Б.А., канд. техн. наук, доц.,
Скель В.И., канд. техн. наук, доц.,

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ РОТОРНЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

PRESIDENT@mgsu.ru

В статье рассматривается определение оптимальной скорости движения лопастей роторных бетоносмесителей по критерию минимизации удельных приведенных затрат на единицу выпускаемой продукции, включающие эксплуатационные затраты и капитальные вложения: затраты на сырье и материалы в технологическом процессе; затраты на заработную плату рабочих; суммарные затраты на амортизацию и капитальный ремонт; затраты на текущее обслуживание и текущие ремонты; затраты на электроэнергию; затраты на смазочные материалы; затраты на сменную оснастку; капитальные вложения на покупку машины и т.п. Все затраты и вложения анализируются с точки зрения влияния скорости движения лопастей на соответствующий показатель. В результате получена функциональная зависимость между всеми составляющими удельных приведенных затрат на единицу выпускаемой продукции и скоростью движения лопастей роторных бетоносмесителей. На основании анализа известных данных эта зависимость принята параболической (квадратичной). Сравнение результатов расчета для роторных бетоносмесителей средней емкости с опубликованными данными дает хорошую сходимость.

Ключевые слова: роторный бетоносмеситель, интенсификация, производительность, скорость движения лопастей ротора, приведенные затраты.

Анализ выпускаемых бетоносмесителей показывает, что с целью повышения интенсификации процесса перемешивания компонентов бетонов или строительных растворов конструктора и производители стремятся к повышению скоростей движения лопастей роторных бетоносмесителей принудительного действия [1]. Поэтому задача определения оптимальных скоростей движения лопастей роторных бетоносмесителей является актуальной.

Особенностью процесса перемешивания бетонов и строительных растворов в смесителях роторного типа является изменение скорости движения лопастей с изменением нагрузок на рабочие органы – лопасти. С повышением скорости движения лопастей значительно возрастает мощность двигателя, увеличивается масса смесителя, энергоемкость процесса перемешивания и, вследствие возрастания нагрузок, форсируется износ рабочих органов смесителя [2, 3]. Важно отметить и тот факт, что при повышении скорости выше некоторого оптимального значения, качество бетона снижается из-за сегрегации смеси [4–6].

Для определения оптимальных скоростей движения нами принят критерий минимизации удельных приведенных затрат на единицу вы-

пускаемой продукции, включающие эксплуатационные затраты и капитальные вложения.

В общем виде удельных приведенных затрат на единицу выпускаемой продукции в руб./м³ будут:

$$Z_y = (S + E_n \cdot C) / P_r, \quad (1)$$

где S – текущие годовые затраты, которые связаны с эксплуатацией бетоносмесителей, руб./год; E_n – нормативный коэффициент эффективности; C – капитальные вложения, приведенные к первому году эксплуатации руб./год; P_r – годовая эксплуатационная производительность, м³/год.

Текущие годовые затраты определяются по формуле:

$$S = S_m + S_{зп} + S_{ам,кр} + S_{то,р} + S_э + S_{см} + S_{со}, \quad (2)$$

где S_m – затраты на сырье и материалы в технологическом процессе; $S_{зп}$ – затраты на заработную плату рабочих; $S_{ам,кр}$ – суммарные затраты на амортизацию и капитальный ремонт; $S_{то,р}$ – затраты на текущее обслуживание и текущие ремонты; $S_э$ – затраты на электроэнергию; $S_{см}$ – затраты на смазочные материалы; $S_{со}$ – затраты на сменную оснастку.

В такой постановке задача сводится к определению функциональных зависимостей статей затрат от скорости движения лопастей роторных бетоносмесителей.

При определении затрат на материалы важное значение имеют эти затраты, расходуемые на 1 м³ бетона. Стоимость этих материалов определяется суммой затрат на заполнители: цемент, воду и добавки [7, 8]. Известно, что прочность бетона изменяется с изменением скорости перемешивания, что позволяет в процессе перемешивания в некотором диапазоне скоростей снизить расход цемента, не снижая требуемой прочности бетона. Затраты на другие материалы будут неизменными. В зависимости от состава смеси и других условий технологии изготовления изделий, изменение прочности бетона в интервале 1...1,5 МПа, эквивалентного изменению расхода цемента на 1...1,2 %. На рис. 1 представлена зависимость расхода цемента на 1 м³ тяжелых бетонов от скорости движения лопастей с учетом изменения прочности бетона в интервале 1...1,5 МПа.

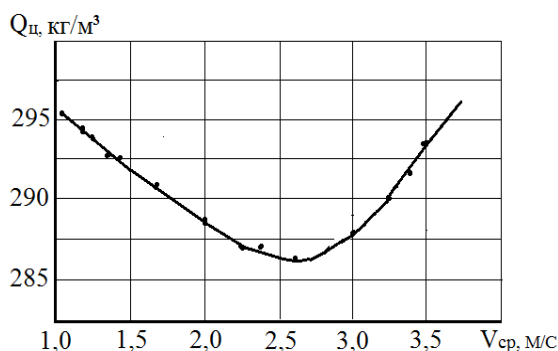


Рис. 1. Зависимость расхода цемента на 1 м³ тяжелых бетонов в зависимости от скорости движения лопастей

Характер кривой на рис. 1 показывает, что она может быть описана уравнением:

$$y = ax^2 - bx + c. \quad (3)$$

Коэффициенты уравнения (3) a , b и c определяются методом наименьших квадратов при условии, что известна цена 1 т цемента. Значения этих коэффициентов и зависимость расхода цемента $Q_{ц} = k(V_{ср})$ можно представить в следующем виде в кг/м³:

$$Q_{ц} = 3V_{ср}^2 - 14V_{ср} + 305, \quad (4)$$

Изменение удельных затрат на материалы в зависимости от скорости движения лопастей при условии, что известна цена 1 т цемента [7] будут, руб/м³:

$$S_{м} = (37V_{ср}^2 - 173V_{ср} + 3400) \cdot 10^{-3}. \quad (5)$$

Важной составляющей удельных приведенных затрат являются затраты на заработную плату производственных рабочих. Затраты труда на приготовление бетонной смеси изменяются в зависимости от возможностей предприятия, схемы компоновки технологического оборудования, уровня механизации и автоматизации процесса производства бетона. По данным работ [1, 9], затраты на типовом бетоносмесительном узле с 4-мя бетоносмесителями по 1500 л. составляют 0,35...0,55 чел·ч/м³, а на аналогичном узле с 8-ю бетоносмесителями по 1500 л. – 0,2...0,4 чел·ч/м³. Проектные затраты на зарплату производственных рабочих на автоматизированном бетонном заводе с 2-мя бетоносмесителями принудительного действия емкостью 1000 л., составляют 38 руб/м³, но следует отметить, что фактические затраты превышают расчетные. Для бетонных заводов средней мощности, оснащенных бетоносмесителями принудительного действия, работающих при скорости движения $V_{ср} = 1,6...2$ м/с, удельные приведенные затраты на заработную плату рабочих $S = 38$ руб/м³, тогда удельные расходы на заработную плату будут:

$$S'_{зп} = K_{пер} \cdot S, \quad (6)$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перехода от тарифного фонда заработной платы к фонду, который учитывает начисления; принимаем $K_{пер} = 1,4$.

По формуле (6) $S'_{зп} = 38 \cdot 1,4 = 53,2$ руб/м³.

Удельные приведенные затраты на заработную плату можно определить как отношение суммы зарплаты, расходуемой в единицу времени $Z_{зп}$, к производительности Π_3 ,

$$S_{зп} = Z_{зп} / \Pi_3. \quad (7)$$

Часовая эксплуатационная производительность была ранее определена авторами и имеет вид:

$$\Pi_3 = \Pi_T \cdot K_{ти}, \quad (8)$$

где Π_T – техническая производительность бетоносмесителя, м³/ч; $K_{ти}$ – коэффициент перехода, $K_{ти} = 0,5$.

В формуле (8) техническая производительность в определяется по зависимости, м³/ч:

$$\Pi_T = 25V_T \cdot V_{ср}, \quad (9)$$

где V_T – объем готового замеса, м³; $V_{ср}$ – средняя скорость движения лопастей, м/с.

Тогда окончательно часовая эксплуатационная производительность роторных бетоносмесителей будет:

$$\Pi_3 = 12,5V_T \cdot V_{ср}. \quad (10)$$

Учитывая динамику изменения удельных затрат на зарплату в функции скорости движения лопастей, эти затраты можно описать зависимостью:

$$S_{\text{зп}} = U/V_{\text{ср}}, \quad (11)$$

где U – постоянный коэффициент, имеющий размерность, руб/(с·м²).

Ранее для определенных условий работы было принято $S'_{\text{зп}} = 0,28$ руб/м³. Тогда $U = 0,504$ руб/(с·м²).

Изменение удельных приведенных затрат на заработную плату в зависимости от скорости по формуле (11) будет, руб/м³:

$$S_{\text{зп}} = 0,504/V_{\text{ср}}. \quad (12)$$

Следующей составляющей в суммарных затратах являются затраты на электроэнергию. Необходимо установить зависимость удельных энергозатрат на приготовление бетонной смеси от скорости движения лопастей.

Энергия, затрачиваемая на перемешивание бетонной смеси, определяется отношением мощности двигателя $P_{\text{дв}}$ к производительности Π_r , тогда:

$$\Theta = P_{\text{дв}}/\Pi_r, \quad (13)$$

Мощность, затрачиваемая на вращение лопастей, определяется по зависимости, кВт:

$$P_{\text{дв}} = K_c \cdot \Sigma F \cdot V_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

где K_c – коэффициент сопротивления движению лопастей в смеси, Па; ΣF – суммарная активная площадь лопастей, м²; $V_{\text{ср}}$ – окружная скорость, м/с.

Тогда по формулам (13), (14) и (9) определяем энергию, затрачиваемую на вращение лопастей, кВт·ч/м³:

$$\Theta = K_c \cdot \Sigma F / (25 \cdot 10^3 \cdot V_r), \quad (15)$$

где V_r – объем готового замеса, м³.

Принимаем отношение $\Sigma F/V_r$, равное 0,3. Тогда по формуле (15) энергия, затрачиваемая на перемешивание бетонной смеси определяется по зависимости, кВт·ч/м³:

$$\Theta = 0,3 \cdot K_c / (25 \cdot 10^3), \quad (16)$$

В формуле (16) величина K_c зависит от свойств смеси и режима работы бетоносмесителя.

Попытки установить функциональную зависимость коэффициента сопротивления движению лопастей K_c от скорости их движения предпринимались разными авторами [10]. В исследованиях, которые провел Н.А. Сапелин для тяжелых бетонных смесей, эта зависимость имеет вид в Па:

$$K_c = (25,69 + 4,88V_{\text{ср}}^2 - 1,51V_{\text{ср}}) \cdot 10^{-3}. \quad (17)$$

Подставляя выражение (17) в формулу (16) получаем зависимость для определения энергии, затрачиваемая на перемешивание бетонной смеси, кВт·ч/м³:

$$\Theta = 0,1V_{\text{ср}}^2 - 0,02V_{\text{ср}} + 0,31. \quad (18)$$

При установившейся цене электроэнергии $\Pi_3 = [\text{руб}/(\text{тыс.кВт}\cdot\text{ч})]$ удельные приведенные затраты на электроэнергию в функции скорости движения лопастей будет, руб/м³:

$$S_3 = (0,1V_{\text{ср}}^2 \cdot \Pi_3 - 0,02V_{\text{ср}} \cdot \Pi_3 + 0,31\Pi_3) \cdot 10^{-3}. \quad (19)$$

Для определения удельных капитальных вложений в зависимости от скорости движения лопастей, примем капитальные вложения C на технику равные балансовой стоимости машины Π_6 , руб. Тогда

$$C = \Pi_6 = K_6 \cdot \Pi, \quad (20)$$

где K_6 – коэффициент перехода от оптовой цены к балансовой стоимости, $K_6 = 1,14$; Π – оптовая цена машины, руб.

Цену «будущей» машины можно определить по выражению:

$$\Pi \approx C_{\text{и}} \cdot (1 + P_{\text{а}}), \quad (21)$$

где $C_{\text{и}}$ – себестоимость изготовления машины, руб; $P_{\text{а}}$ – рентабельность, руб.

Цена машины определяется в соответствии с методикой, изложенной в работе [1]:

$$\Pi = \beta \cdot G_{\text{б}}, \quad (22)$$

где β – коэффициент корреляции между ценой и массой машины, руб/кг, $\beta = 0,64$; $G_{\text{б}}$ – масса бетоносмесителя, кг.

Расчет удельных капитальных затрат предполагает определение зависимости изменения массы бетоносмесителя от скорости движения лопастей. Для этого воспользуемся зависимостью между весом бетоносмесителя и мощностью двигателя $P_{\text{пр}}$, приведенной в работе [1]:

$$G_{\text{б}} = (119 \dots 120) \cdot P_{\text{пр}}. \quad (23)$$

С учетом формулы (14) для определения мощности двигателя получим выражение:

$$G_{\text{б}} \approx 120K_c \cdot \Sigma F \cdot V_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}. \quad (24)$$

Тогда оптовая цена бетоносмесителя по формуле (22) будет, руб:

$$\Pi = 76,8K_c \cdot \Sigma F \cdot V_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}. \quad (25)$$

Капитальные вложения по формуле (20), руб:

$$C = 76,8K_c \cdot \Sigma F \cdot V_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}. \quad (26)$$

Удельные приведенные капитальные затраты определяются:

$$S_k = E_n \cdot C / \Pi_r, \quad (27)$$

где E_n – нормативный коэффициент, $E_n = 0,15$.

С учетом того, что $\sum F/V_r = 0,3$ и подставив K_c , получим выражение для определения удельных приведенных капитальных затрат, руб/м³:

$$S_k = (0,73V_{cp}^2 - 0,23V_{cp} + 3,86) \cdot 10^{-3}. \quad (28)$$

Удельные приведенные затраты на реновацию и капитальный ремонт бетоносмесителя определяются:

$$Z_{ap} = K_{ap} \cdot \Pi_b, \quad (29)$$

где Z_{ap} – амортизационные отчисления; K_{ap} – норма амортизации, $K_{ap} = 0,12$; Π_b – балансовая стоимость бетоносмесителя.

$$Z_{kp} = K_{kp} \cdot \Pi_b, \quad (30)$$

где Z_{kp} – затраты на капитальный ремонт; K_{kp} – норма расходов на капитальный ремонт, $K_{kp} = 0,133$.

Суммарные удельные затраты на реновацию и капитальный ремонт:

$$S_{am,kp} = (Z_{ap} + Z_{kp}) / \Pi_r = 0,25 \cdot \Pi_b / \Pi_r, \quad (31)$$

С учетом Π_r и Π_b затраты определяются по формуле, руб/м³:

$$S_{am,kp} = (1,1V_{cp}^2 - 0,38V_{cp} + 6,94) \cdot 10^{-3}. \quad (32)$$

Удельные приведенные затраты на техническое обслуживание и текущие ремонты бетоносмесителя будут:

$$Z_p = C_p \cdot T_r / T_p, \quad (33)$$

где C_p – стоимость текущих ремонтов и технического обслуживания; T_r – годовой фонд времени, $T_r = 2560$ ч.; T_p – периодичность текущих ремонтов, $T_p = 1000 \dots 2000$ ч.

Межремонтный цикл определяется зависимостью, ч.:

$$T_p = 20,7 \cdot 10^6 / (K_c \cdot \sum F \cdot V_{cp}), \quad (34)$$

Окончательно удельные приведенные затраты на техническое обслуживание и текущие ремонты можно определить, руб./м³:

$$S_p = Z_p / \Pi_r = C_p \cdot T_r \cdot K_c \cdot \sum F \cdot V_{cp} / (25V_r \cdot V_{cp} \cdot 20,7 \cdot 10^6). \quad (35)$$

Приняв в (35) $\sum F/V_r = 0,3$, получим затраты, руб./м³:

$$S_p = (2,2V_{cp}^2 - 0,66V_{cp} + 11,18) \cdot 10^{-3}. \quad (36)$$

Удельные приведенные затраты на смазочные и вспомогательные материалы определяются как и затраты на электроэнергию:

$$S_{cm} = \alpha \cdot \mathcal{E}, \quad (37)$$

где α – стоимость смазочных материалов на 1 кВт·ч, $\alpha = 15,2$ руб/кВт·ч; $\mathcal{E}$ – энергия, которая определяется по формуле (18).

Удельные приведенные затраты на сменную оснастку зависят от условий эксплуатации и режимов работы бетоносмесителей и других машин подобного рода [11]. Эти затраты принимаются в пределах 3...5 % от суммы остальных статей затрат, т.е. $K_{осн} = 1,04$.

С целью определения функциональной зависимости приведенных затрат от скорости движения лопастей ротора, необходимо суммировать все составляющие затраты формулы (2), а именно: затраты по материалам – формула (5), по заработной плате – (12), на электроэнергию – (19), на реновацию и капитальный ремонт – (32), на техническое обслуживание и текущие ремонты – (36), на смазочные материалы – (37), на оснастку с учетом капитальных вложений – (28) и производительности. Подставив перечисленное в формулу (1), окончательно получим, руб./м³:

$$Z_y = (45,5V_{cp}^2 - 179,6V_{cp} + 2556 + 50,4/V_{cp}) \cdot 10^{-3}. \quad (38)$$

Для определения оптимальной скорости движения лопастей ротора, при которой удельные затраты будут минимальны, следует взять от функции (38) первую производную и приравнять к нулю:

$$Z_y' = 0. \quad (39)$$

Решение уравнения (39) в функции скорости движения лопастей роторных бетоносмесителей дает значение $V_{cp} = 2,59 \approx 2,6$ м/с. Для бетоносмесителей средней емкости такая скорость ($V_{cp} \approx 2,6$ м/с) представляется оптимальной, что показывают результаты исследований [1], в которых скорость лопастей бетоносмесителей находится в пределах от 1,84 м/с до 3,53 м/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Густов Ю.И., Кайтуков Б.А., Григорьева М.Н. Повышение эффективности работы роторного бетоносмесителя принудительного действия // Механизация строительства. 2016. №11. С. 26–29.
2. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М., Семикопенко И.А., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник. Старый Оскол: 2012.
3. Богомоллов А.А. О сущности процесса смешивания и его критериях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 301.

4. Хархардин А.Н., Погорелов С.А., Топчиев А.И. Топологические особенности формирования плотной структуры бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2000. № 10. С. 47.
5. Богомолов А.А. Теоретические и технические основы совершенствования смесительных машин для приготовления строительных смесей. Монография. Белгород, 2010.
6. Шарапов Р.Р., Шапала В.Г., Алфимова Н.И. Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 24–25.
7. Теличенко В.И., Прокопенко В.С., Шарапов Р.Р., Бойчук И.П. Моделирование осаждения цемента в технологической системе замкнутого цикла с рециркуляцией // Механизация строительства. 2016. №11. С. 5–8.
8. Нерхольм А. Измельчение цемента. Симпозиум по производству цемента. М.: НИИЦемент, 1979.
9. Королев К.М. Передвижные бетонорастворосмесители и бетонорасворонасосные установки. Изд.2-е. М.: Высшая школа, 1991. 207 с.
10. Сапелин Н.А., Бурьянов А.Ф. Зависимости прочности бетонов на основе неорганических вяжущих от средней плотности // Строительные материалы. 2001. №6. С. 36–38.
11. Теличенко В.И., Шарапов Р.Р., Скуль В.И., Харламов Е.В. Анализ эффективности процесса измельчения в шаровых мельницах замкнутого цикла // Механизация строительства. 2016. №11. С. 13–17.

Telichenko V.I., Kaitukov B.A., Skel V.I.

THE DETERMINATION OF OPTIMAL SPEEDS OF THE ROTARY BLADES OF CONCRETE MIXERS

The article discusses the determination of optimum speed of movement of the blades of rotary mixers on the criterion of minimizing the specific costs per unit of products, including operating costs and capital investments: the cost of raw materials in the technological process; cost of wages of employees; total costs of depreciation and overhaul costs routine maintenance and minor repairs; energy costs; the cost of lubricants; the cost of replacement tooling; capital investments for the purchase of machines, etc. All costs and investments are analyzed from the point of view of influence of speed of movement of the blades in the corresponding figure. The result is a functional dependence between all components of the specific costs for a unit of output and speed of movement of the blades of rotary mixers. Based on the analysis of known data, this dependence is accepted parabolic (quadratic). Comparison of the results of the calculation for rotary mixers high capacity with published data yields good convergence.

Key words: rotary mixer, intensification, productivity, speed of movement of the blades of the rotor, given the costs.

Теличенко Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, президент.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: PRESIDENT@mgsu.ru

Кайтуков Батраз Амурханович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Механизация строительства».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: KaitukovBA@gic.mgsu.ru

Скуль Владимир Израилевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Механизация строительства».

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

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

E-mail: skelvi@mgsu.ru

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Юрченко А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ШНЕКОВОГО ПИТАТЕЛЯ ДЛЯ ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА В КАМЕРУ ПОМОЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

chentsov.1995@mail.ru

В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить взаимосвязь пропускной способности шнекового питателя и производительности дезинтегратора с горизонтальной загрузкой измельчаемого материала. Представлена расчетная схема для определения пропускной способности шнекового питателя и производительности дезинтегратора с горизонтальной загрузкой материала.

Ключевые слова: дезинтегратор, производительность, шнековая труба, материал.

Дезинтеграторы являются помольным оборудованием, обеспечивающим заданный гранулометрический состав готового продукта [1]. В целях согласования производительности шнекового питателя диаметром « D » и камеры помола

дезинтегратора рассмотрим движение материала в транспортирующей шнековой трубе, которая обеспечивает его непрерывную подачу в камеру помола (рис. 1).

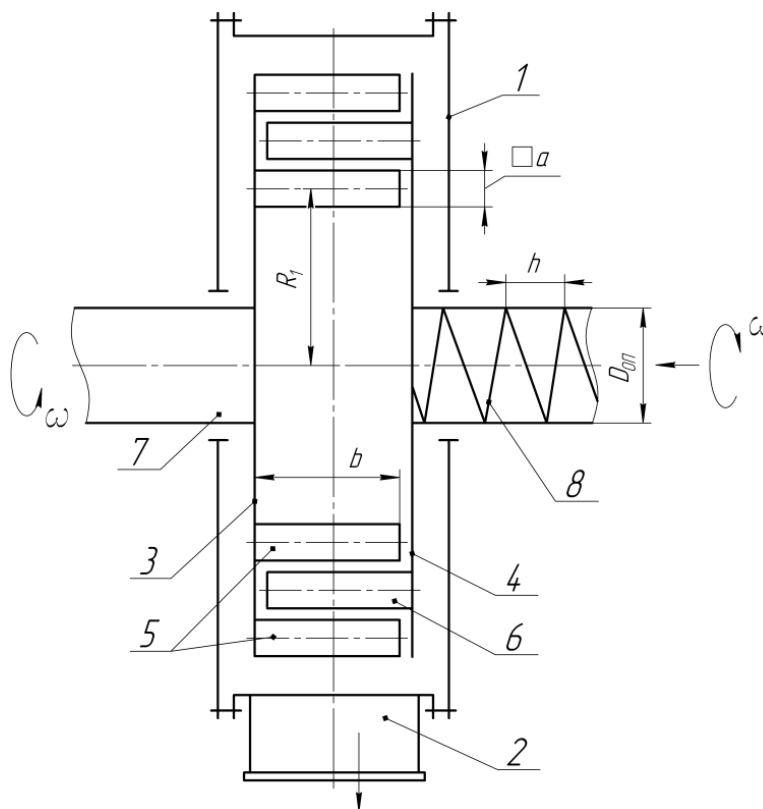


Рис. 1. Камера помола дезинтегратора

Объемный расход материала « Q_n », проходящего через шнековый питатель в единицу времени « t », равен

$$Q_n = \frac{dV_n}{dt}, \quad (1)$$

где V_n – объемная доля частиц материала, заполняющая длину « l_x » транспортирующей шнековой трубы.

Величина данного объема V_n будет определяться выражением следующего вида[2]:

$$V_n = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l_x \cdot \psi, \quad (2)$$

где ψ – коэффициент, учитывающий степень заполнения площади поперечного сечения шнековой трубы на расстоянии l_x .

С учетом (2) формула (1) принимает вид:

$$Q_n = \frac{\pi}{4} \cdot \psi \cdot D^2 \cdot \frac{dl_x}{dt}. \quad (3)$$

Если учесть, что

$$\frac{dl_x}{dt} = v_n, \quad (4)$$

где v_n – скорость перемещения частиц материала вдоль пути l_x .

Тогда с учетом (4) формула (3) принимает вид

$$Q_n = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \psi \cdot v_n. \quad (5)$$

Величину v_n можно найти на основании того факта, что шнековая труба совершает вращение с постоянной частотой « ω ». Поэтому величина скорости v_n равна:

$$v_n = \omega \cdot h, \quad (6)$$

где h – величина шага транспортирующей шнековой трубы; ω – частота вращения транспортирующей шнековой трубы.

Подстановка (6) в (5) приводит к следующему выражению:

$$Q_n = \psi \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega \cdot h. \quad (7)$$

Частицы измельчаемого материала из транспортирующей шнековой трубы поступают в зону взаимодействия с ударными элементами первого внутреннего ряда камеры помола. Следовательно, объемная доля поступающего материала (7) должна быть не больше пропускной способности первого внутреннего ряда ударных элементов.

Пропускную способность дезинтегратора Q_1 в зависимости от частоты вращения ротора ω_p и геометрических параметров первого ряда ударных элементов согласно результату работы [3,4] определяется следующим выражением:

$$Q_1 = \frac{\pi^2 \mu_0 \Delta l^2 b R_1 \omega_p}{3(\Delta l + a)}, \quad (8)$$

где μ_0 – коэффициент разрыхления, равный 0,1 – 0,15; Δl – расстояние между смежными ударными элементами первого внутреннего ряда; R_1 – радиус первого внутреннего ряда; b – высота ударных элементов первого внутреннего ряда; a – сторона квадрата поперечного сечения ударного элемента.

Для согласования производительности шнекового питателя с пропускной способностью первого внутреннего ряда ударных элементов в случае равенства частоты вращения ω шнекового питателя и частоты вращения роторов камеры помола должно выполняться равенство:

$$Q_1 = Q_n. \quad (9)$$

С учетом соотношений (7) и (8) равенство (9) принимает вид:

$$\frac{\pi^2 \mu_0 \Delta l^2 b R_1}{3(\Delta l + a)} = \psi \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot h. \quad (10)$$

Полученное соотношение (10) можно рассматривать как уравнение, которое позволяет найти оптимальный диаметр шнекового питателя $D_{оп}$ в зависимости от геометрических параметров первого внутреннего ряда ударных элементов и величины шага винта транспортирующей шнековой трубы:

$$D_{оп} = 2 \cdot \Delta l \cdot \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot b \cdot R_1}{3 \cdot \psi \cdot h \cdot (\Delta l + a)}}. \quad (11)$$

Таким образом, полученное выражение (11) позволяет определить оптимальное значение диаметра шнекового питателя в зависимости от геометрических параметров первого ряда ударных элементов и величины шага винта транспортирующей шнековой трубы рассматриваемой конструкции дезинтегратора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикатных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Гячев Л.В. Основы теории бункеров. Новосибирск, 1992. 310 с.
3. Семикопенко И.А., Богданов В.С., Масловская А.Н., Александрова Е.Б. Дезинтегратор с повышенными нагрузками на измельчаемый материал // Строительные и дорожные машины. 2009. № 5. С. 51–54.
4. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. № 11-12. 2008. С. 93–96.

Semikonenko I.A., Voronov V.P., Yurchenko A.S.
CALCULATION OF OPTIMAL DIAMETER OF THE SCREW FEEDER TO FEED MATERIAL INTO THE GRINDING CHAMBER OF THE MILL

In this article given an analytical expression that indicated the relationships of capacity of screw feeder and productivity disintegrator with a horizontal load of crushed material. It presented the design scheme for the determination of screw feeder's capacity and performance of cage mill with horizontal loading material.

Key words: cage mill, productivity, screw tube, material

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат математических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Юрченко Дмитрий Сергеевич, аспирант.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: chentsov.1995@mail.ru

Герасимов М.Д., канд. техн. наук, доц.,
Воробьёв Н.Д., канд. техн. наук, доц.,
Герасимов Д.М., магистрант,
Степанищев В.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА С НАПРАВЛЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ КАЖДОЙ СТУПЕНИ

mail_mihail@mail.ru

В работе приведены результаты аналитических исследований многоступенчатого вибрационного механизма, далее МВМ. МВМ состоит из нескольких, установленных последовательно друг над другом, вибрационных ступеней. Вибрационные ступени образуют единый вибрационный механизм. Каждая ступень имеет собственную частоту колебаний и направленное действие вынуждающей силы. Вынуждающие силы каждой ступени действуют в одном направлении. При сложении колебаний, возбуждаемых несколькими вибрационными ступенями возникает эффект асимметричных колебаний. Величиной асимметрии колебаний в технических приложениях можно управлять интенсивностью и качеством выполняемой работы. Методике расчёта и управления динамическим коэффициентом асимметрии посвящена настоящая работа.

Ключевые слова: механические колебания, вибрационная ступень с направленными колебаниями, многоступенчатый вибрационный механизм, асимметрия вынуждающей силы, коэффициент динамичности.

Введение. Направленные колебания вибрационных машин имеют ряд преимуществ в сравнении с эллиптическим или круговыми [1, 2]. Поэтому, в технологических операциях уплотнения, сортировки, измельчения и погружения свай, направленные колебания часто являются предпочтительными [3, 4]. В технической литературе и в практике создания вибрационных машин всё шире рассматриваются направления исследования механических колебаний с асимметричной вынуждающей силой [5, 6]. Колебания с асимметричной вынуждающей силой при направленных колебаниях имеют разное значение величины составляющих в направлении выполнения полезной работы и в направлении холостого хода. Соотношение составляющих в направлении выполнения полезной работы и в направлении холостого хода может называться как коэффициент динамичности или как коэффициент асимметрии вынуждающей силы. Задача исследования асимметричных колебаний может быть сведена к определению параметров системы, обеспечивающих заданный коэффициент динамичности или к определению коэффициента динамичности, который может быть получен заданной системой. Настоящая статья посвящена рассмотрению закономерностей, получаемых по второму варианту задачи исследования.

Для изучения закономерностей получения наибольшего значения коэффициента динамичности системы с несколькими ступенями вибраторов направленного действия, установленными последовательно был разработан, спроектирован

и изготовлен вибрационный стенд с шестью ступенями вибраторов с направленными колебаниями, рис 1.



Рис. 1. Стенд для получения и исследования механических колебаний с асимметричной вынуждающей силой

Стенд состоит из рамы, выполненной из швеллеров. На раме закреплены две опоры, в которые установлены направляющие колонны, связанные в верхней части между собой швеллером, так, что вместе образуют жёсткую раму. Между колоннами расположен вибрационный блок. Вибрационный блок представляет собой гитару зубчатых колёс, размещённых в корпусе. Все зубчатые колёса установлены на валах, кон-

цы которых консольно выступают из корпуса. На консолях валов крепятся дисбалансы с равной массой на каждой паре валов в одной плоскости, образующие вибрационную ступень. Масса дисбалансов разных ступеней согласуется с частотой вращения валов каждой ступени. Привод вибрационного механизма осуществляется от электродвигателя через клиноремённую передачу посредством приводных шкивов. На боковых стенках корпуса закреплены цилиндрические направляющие, посредством которых корпус установлен на колоннах. Направляющие корпуса на колонны установлены с зазором. Корпус при работе может свободно перемещаться вдоль колонн под действием вынуждающей силы. На нижней грани корпуса, вдоль его вертикальной оси, установлена консоль. Напротив консоли, на раме жёстко закреплён швеллер в виде балки. Между балкой рамы и консолью корпуса образовано пространство. В данное пространство помещается датчик прибора для измерения параметров вибрации и вынуждающей силы в том числе [7].

Основная часть. Для выполнения теоретических исследований многоступенчатого вибрационного механизма рассматривается вибрационный механизм, состоящий из n пар вибраторов с направленными колебаниями [8] (рис. 2).

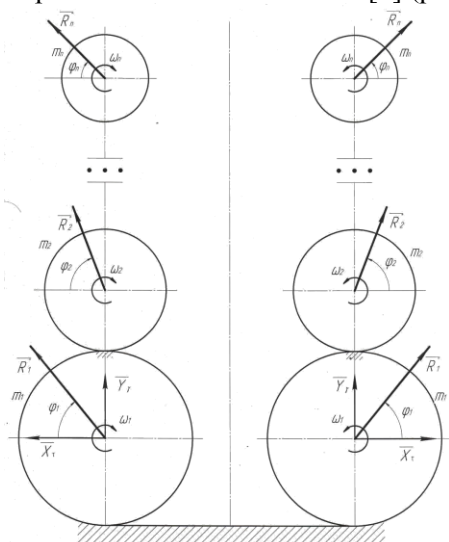


Рис. 2. Расчётная модель механизма

На рис. 3: φ_k – угол отклонения k -го дисбаланса от горизонтали. Далее используются следующие обозначения для k -го вибратора: m_k – масса дисбаланса, R_k – радиус направляющей окружности, φ_{k0} – начальный угол отклонения дисбаланса (начальная фаза), ω_k – угловая скорость вращения дисбаланса.

Введем силы инерции $\bar{R}_k^H$, приложенные к дисбалансам, и составляющие реакции опоры

$\bar{X}_r$ и $\bar{Y}_r$. Суммарная горизонтальная составляющая реакции опоры механизма, вследствие зеркального расположения вибраторов, равна нулю [9].

Пренебрегая весом направляющих окружностей и дисбалансов, ввиду их малости в сравнении с силами инерции при достаточно больших значениях угловых скоростей ω_k , на основании принципа Даламбера получаем следующее уравнение равновесия в проекции на ось Oy [10]:

$$Y_r + 2 \sum_{k=1}^n R_k^H \sin \varphi_k = 0, \quad (1)$$

где

$$R_k^H = m_k R_k \omega_k^2, \varphi_k = \varphi_{k0} + \omega_k t. \quad (2)$$

Таким образом, величина вертикальной составляющей реакции опоры может быть вычислена по формуле

$$Y_r = -2 \sum_{k=1}^n R_k^H \sin \varphi_k \quad (3)$$

или,

$$Y_r = - \sum_{k=1}^n a_k \omega_k^2 \sin(\varphi_{k0} + \omega_k t). \quad (4)$$

где $a_k = 2m_k R_k$.

Минимальное значение Y_r , как функции времени, обозначим его Y_{ri} , является динамической силой погружения. Максимальное значение Y_r , обозначим его Y_{ra} , есть сила подъема. Соотношение этих сил

$$K_d = - \frac{Y_{ri}}{Y_{ra}} \quad (5)$$

называется коэффициентом динамичности вибрационного механизма (знак "минус" в формуле (5) введен в связи с тем, что величина Y_{ri} отрицательна).

Задача состоит в том, чтобы путем комбинации нескольких вибраторов с направленными колебаниями и варьирования их параметров достичь максимального значения коэффициента динамичности вибрационного механизма.

При $n=1$, то есть когда вибрационный механизм состоит только из одной пары вибраторов, $K_d = 1$, а $-Y_{ri} = Y_{ra} = a_1 \omega_1^2$.

Далее будем рассматривать только вибрационные механизмы, в которых угловые скорости вращения каждой последующей пары вибраторов, как это применяется в действующих промышленных вибрационных механизмах, в два

раза превышают угловые скорости вращения предыдущей пары:

$$\omega_{k+1} = 2\omega_k. \quad (6)$$

Для большей наглядности, в целях только качественного анализа, рассмотрим вибрационный механизм, в котором угловые скорости первой пары вибраторов соответствуют $n_1 = 100$

об/мин ($\omega_1 = 10,5 \text{ с}^{-1}$) (период колебаний $T = 0,6 \text{ с}$), коэффициент $a_1 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}$ и начальная фаза $\varphi_{10} = 0^\circ$. В этом случае Y_r будет вычисляться в ньютонах (на приводимых ниже графиках

шкала по оси Y_r проградуирована в килоньютонах).

Вторую пару вибраторов возьмем со следующими параметрами:

$$n_2 = 200 \text{ об/мин} \quad (\omega_2 = 20,9 \text{ с}^{-1}), \quad a_2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}, \\ \varphi_{20} = 0^\circ.$$

На рис. 3 представлены реакции опор от каждой из пар вибраторов (линии "1" и "2") и значения суммарной реакции опоры (линия "1-2").

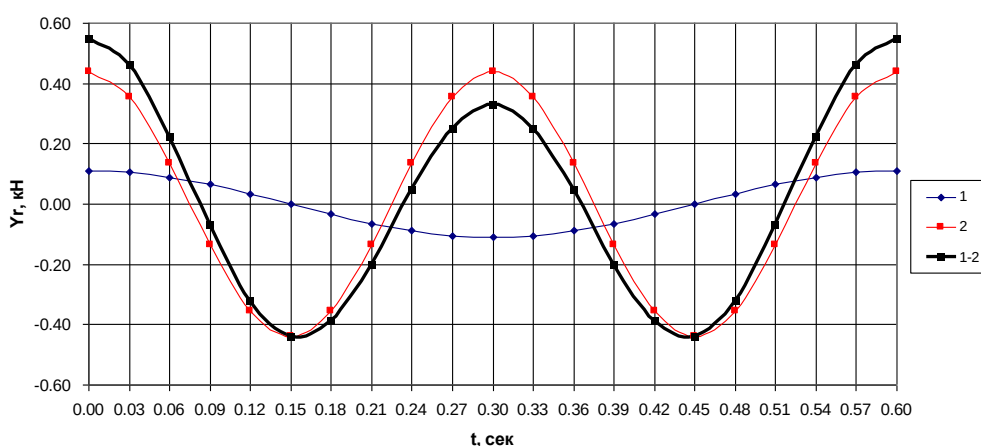


Рис. 3. Реакции опор двух ступеней вибраторов

Несмотря на то, что амплитуда колебаний второй пары вибраторов в четыре раза превышает амплитуду колебаний первой пары, коэффициент динамичности снизился до 0,8 ($Y_{ri} = -0,44 \text{ кН}$, $Y_{ra} = 0,55 \text{ кН}$). При работе только одной первой пары вибраторов $-Y_{ri} = Y_{ra} = 0,44 \text{ кН}$. Вызвано это тем, что максимальная сила погружения второй пары вибраторов (при $t = 0,15 \text{ с}$ и $t = 0,45 \text{ с}$) совпадает с нулевыми значениями силы погружения первой пары вибраторов, а максимальные значения сил подъ-

ема обеих пар вибраторов по времени совпадают (при $t = 0 \text{ с}$ и $t = 0,6 \text{ с}$).

Увеличение коэффициента динамичности вибрационного механизма за счет увеличения силы погружения может быть достигнуто совмещением по времени максимумов сил погружения обеих пар вибраторов. Этот результат достигается установлением сдвига начальной фазы второй пары вибраторов равным 180° (рис. 4).

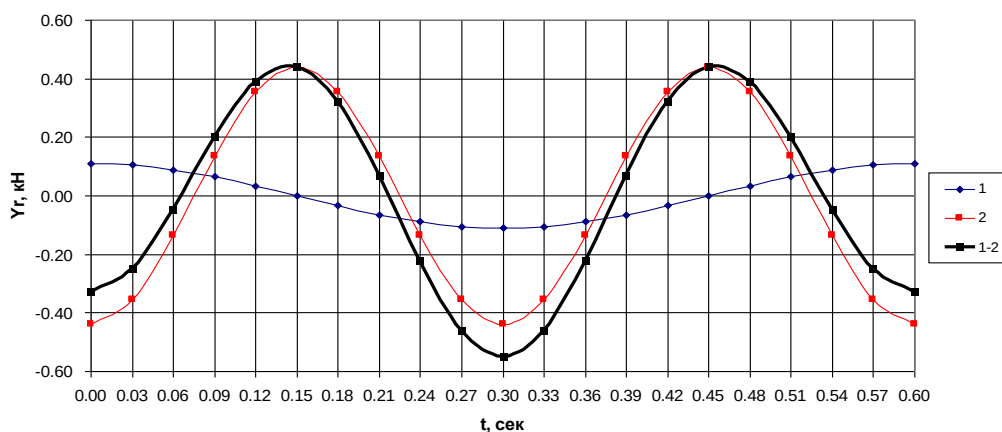


Рис. 4. Реакции опор двух ступеней вибраторов с совмещением по времени максимумов сил погружения обеих пар вибраторов

В этом случае $Y_{ri} = -0,55 \text{ кН}$, $Y_{ra} = 0,44 \text{ кН}$ и $K_d = 1,25$.

Дальнейшее повышение эффективности работы вибрационного механизма состоит в выравнивании вкладов обеих пар вибраторов в величину суммарной силы погружения. Этой цели

можно достичь либо уменьшением a_2 в четыре раза, либо увеличением a_1 в четыре раза. При втором варианте получим следующие выходные характеристики механизма (рис. 5): $Y_{ri} = -0,88 \text{ кН}$, $Y_{ra} = 0,49 \text{ кН}$ и $K_d = 1,79$.

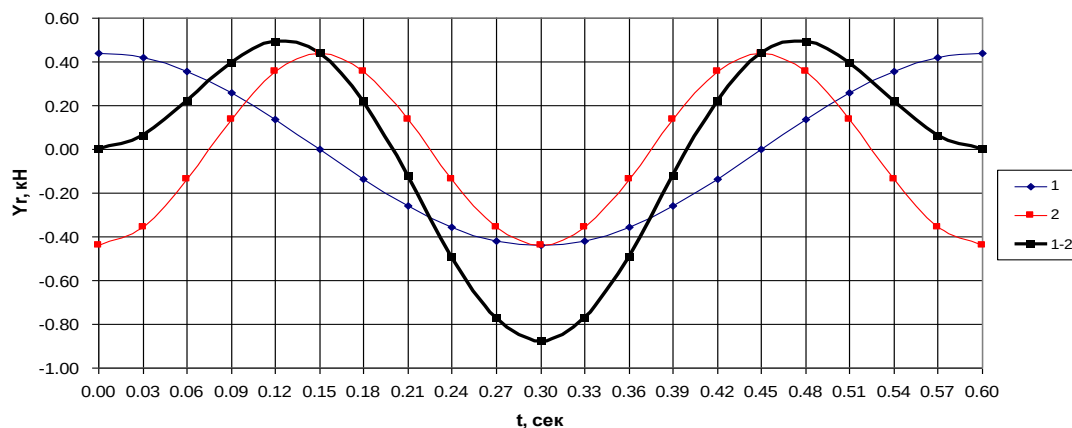


Рис. 5. Реакции опор двух ступеней вибраторов при «выравнивании вклада» обеих ступеней вибрационного механизма

При добавлении третьей пары вибраторов еще раз увеличивать коэффициент a_1 в 4 раза (по сравнению с начальной величиной в 16 раз) даже для качественной модели слишком много. Учитывая, что амплитуда колебаний третьей пары вибраторов в 16 раз превышает амплитуду колебаний первой пары вибраторов (за счет увеличения угловой скорости вращения в четыре

раза), коэффициент a_3 был выбран в четыре раза меньшим a_2 : $a_3 = 0,25 \text{ кг} \cdot \text{м}$ (рис. 6). На рисунке, как и ранее, суммарная реакция опоры двух первых пар вибраторов обозначена линией "1-2", третьего вибратора — "3", суммарная реакция опоры от трех пар вибраторов — линией "1-3".

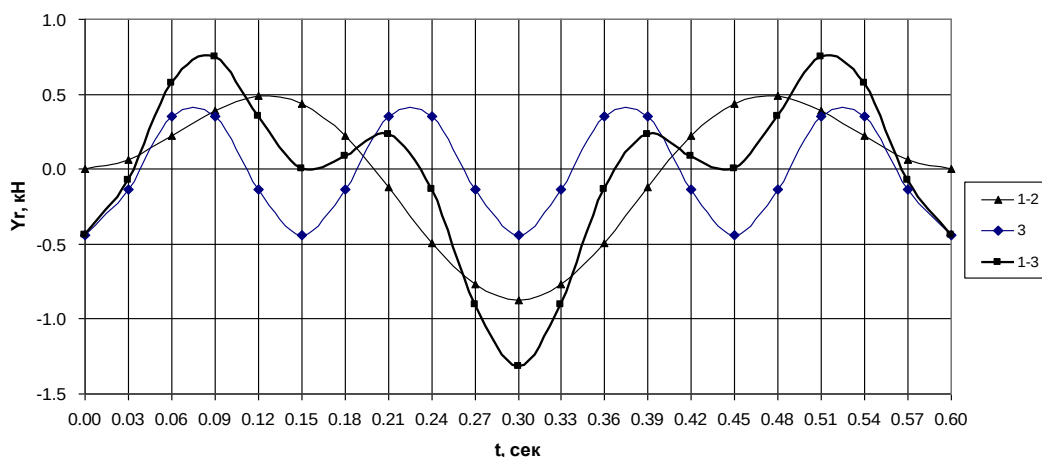


Рис. 6. Реакции опор трёх ступеней вибраторов

Нами были рассмотрены различные варианты выбора величины a_3 , результаты представлены в таблице.

a_3	0,1	0,25	0,5	0,75	1	...	4
Сила подъема	0,54	0,75	1,10	1,46	1,81	...	6,07
Сила погружения	1,05	1,32	1,75	2,19	2,63	...	7,90
Коэффициент динамичности	1,97	1,76	1,59	1,50	1,45	...	1,30

Как следует из таблицы, выбор коэффициента a_3 равным 0,25 практически не меняет коэффициент динамичности по сравнению с механизмом с двумя вибраторами, 1,76 и 1,79, соответственно, но сила погружения существенно увеличивается – с 0,88 кН до 1,32 кН (на 50%).

При добавлении в механизм четвертой пары вибраторов, следуя изложенной выше логике, коэффициент a_4 выберем равным одной чет-

вёртой части от предыдущего коэффициента a_3 – 0,0625. На рис. 7 суммарная реакция опоры трех первых пар вибраторов обозначена линией "1-3", четвертого вибратора – "4", суммарная реакция опоры от четырех пар вибраторов – линией "1-4". Четвертая пара вибраторов вращается с угловой скоростью $83,8 \text{ с}^{-1}$ ($n_4 = 800 \text{ об/мин}$).

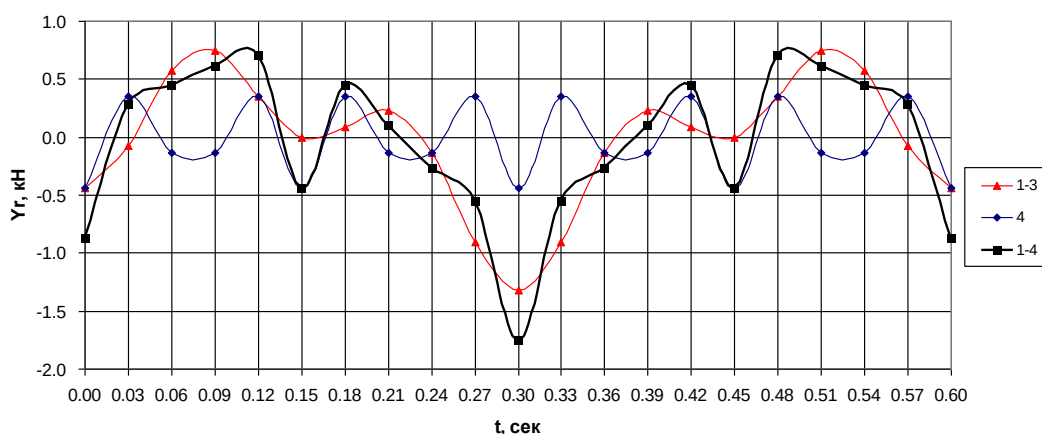


Рис. 7. Реакции опор четырёх ступеней вибраторов

Механизм с четырьмя парами вибраторов (при указанных выше значениях коэффициентов $a_1 - a_4$) имеет следующие характеристики: сила погружения – 1,76 кН, сила подъема – 0,71 кН, коэффициент динамичности – 2,47.

Вывод. Как показали теоретические исследования многоступенчатого вибрационного механизма с направленными колебаниями каждой ступени результирующая вынуждающая сила, при сложении составляющих, принимает асимметричный характер. В противоположных направлениях действия значения величин составляющих вынуждающей силы имеют существенную разницу. Соотношение величин составляющих асимметричную вынуждающую силу может изменяться в пределах порядка. Наличие методики расчёта и проектирования вибрационных механизмов с асимметричной вынуждающей силой и заданным соотношением её составляющих в противоположных направлениях может позволить существенно повысить эффективность выполняемых работ вибрационными машинами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кустарев В.Г., Попов С.А., Жарцов П.Е. Анализ факторов, влияющих на качество процесса уплотнения // Механизация строительства. 2013. №4. С. 6–10.

2. Пермяков В.Б. Эффективность уплотнения асфальтобетонных смесей в дорожных покрытиях // Строительные материалы. 2005. №10. С. 8–9.

3. Жулай В.А., Василенко А.В., Крестников А.В. Мобильная цифровая система для измерения и регистрации динамических нагрузок землеройно-транспортных машин. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 177–180.

4. Кустарев Г.В., Попов С.А. Теоретическое обоснование управляемого воздействия на уплотняемую среду // Вестник МАДИ. 2007. №3. С.59-62.

5. Пат. 2388868 Российская Федерация, МПК 7, E02D 7/00. Универсальное вдавливающее устройство / Ермоленко В.Н., Насонов И.В., Суровцев И.С. Заявитель авторы. Заявка: 2009106429/03. Заявл. 24.02.2009. Опубл. 10.05.2010. Бюл. №13.

6. Michail D. Gerasimov, Oleg V. Mkrtychev, Sergey N. Glagolev, Dmitriy M. Gerasimov, Sergey S. Latyishev. Method of determination of vibrating screens oscilation's amplitude in a characteristic point for plane motion // Arpn Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. T.11. № 20. С. 12295–12301.

7. Герасимов М.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. Методика проведения исследований

вибрационного устройства с асимметричной вынуждающей силой // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 9. С. 125–130.

8. Пат. № 2528715, Российская Федерация, МПК 7 С1. Способ направленного инерционно-го вибровозбуждения и дебалансный вибровозбудитель направленного действия для его осуществления / Герасимов М.Д., Исаев И.К., Степанищев В.А., Герасимов Д.М.; заявитель БГТУ

им. В.Г. Шухова, №2013114775/03, заявл. 02.04.2013, опубл. 20.09.2014, Бюл. №26. -12 с.

9. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для втузов. 12-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2002. 416 с.

10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Определения, теоремы, формулы. 6-е изд., стер. СПб.: Лань, 2003. 832 с.

Gerasimov M.D., Vorobyov N.D., Gerasimov D.M., Stepanishev V.A.
STUDY OF MULTISTAGE VIBRATING MECHANISM WITH THE VIBRATION DIRECTION OF EACH STAGE

In work results analytical studies of multistage a vibratory mechanism. Multistage vibrating mechanism consists of several, arranged in series above each other, vibration levels. Each stage has its own oscillation frequencies and directions action of the driving force. Driving force of each stage of work in one direction. When the addition of oscillations excited by the vibrating by several stages, there is an effect of asymmetric vibrations. When asymmetry oscillations in technical application it is possible control the intensity of and the quality of the work performed. Methodology for the calculation and management of dynamic asymmetry coefficient of the present work.

Key words: mechanical vibrations, the vibration degree of with the direction of oscillation, multi-vibration mechanism, the asymmetry of the driving force, the dynamic coefficient.

Герасимов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры подъёмно-транспортных и дорожных машин; руководитель учебно-научно-исследовательской лаборатории «Инновационные вибрационные технологии и машины»

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

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

E-mail: mail_mihail@mail.ru

Воробьёв Николай Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор кафедры теоретической механики.

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

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

E-mail: vnd@intbel.ru

Герасимов Дмитрий Михайлович, инженер, магистрант кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: bratg@yandex.ru

Степанищев Виктор Анатольевич, инженер, магистрант кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: PTDM-BGTU@yandex.ru

Сергиев А.П., д-р техн. наук, проф.,
Владимиров А.А., аспирант,
Макаров А.В., канд. техн. наук, доц.,
Швачкин Е.Г., канд. техн. наук, доц.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)
Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

aleksandr vodila@yandex.ru

Вибрационное резание является одним из эффективных методов обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов для изготовления деталей горно-металлургического оборудования. При правильном выборе режимов вибрационного резания способствует повышению стойкости режущего инструмента и обеспечению надежного стружкодробления. При обработке материалов резанием с применением вибраций режущего инструмента, в зоне резания возникают процессы, отличные от процессов, протекающих при обычном точении. Дан краткий литературный обзор работ, описывающих процессы, происходящие в зоне резания. Особое внимание уделено процессу наростообразования и представлена условная схема его появления и удаления с поверхности режущего инструмента. Описан механизм износа режущей кромки, влияние наростообразования на период стойкости инструмента и шероховатость обработанной поверхности. Сформулирована гипотеза, объясняющая физические процессы вибрационного резания при точении. Представлена схема процесса вибрационного резания и сформулированы условия образования нароста и последующего его удаления с вершины инструмента.

Ключевые слова: вибрационное резание, наростообразование, период стойкость инструмента, шероховатость поверхности, контактное взаимодействие.

Токарная обработка различных материалов сопровождается возникновением целого ряда явлений в зоне резания, влияющих на сам процесс резания, стойкость режущего инструмента и шероховатость обрабатываемой поверхности, к которым, в первую очередь, относится процесс наростообразования. Как о природе наростообразования, так и о свойствах самого нароста существуют различные мнения. Даже на сегодняшний день наростообразование является одним из проблемных объектов изучения теории и практики механической обработки материалов.

Из ранних работ наибольший интерес представляют исследования [1], где авторы показали, что на образовавшийся нарост действует система внешних сил, нормальных и касательных, а также сил трения и адгезии. При нарушении баланса сил происходит частичное или полное разрушение нароста. Ими была предложена упрощенная схема наростообразования, представленная на рис. 1, включающая в себя пять стадий от начала зарождения нароста до его разрушения и удаления с поверхности режущего инструмента.

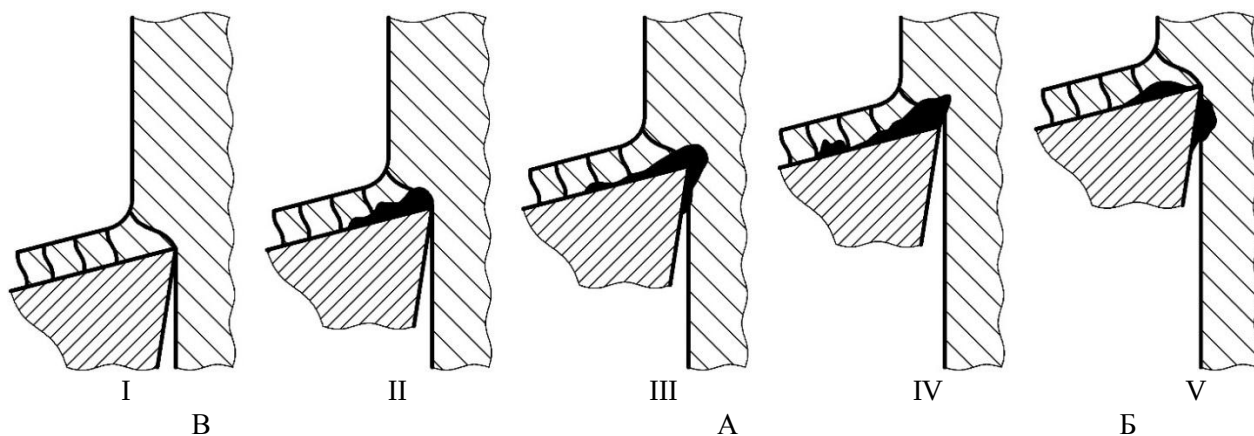


Рис. 1. Стадии формирования нароста

Стадия I характеризуется отсутствием нароста и непосредственным контактом задней поверхности инструмента с поверхностью резания

и передней поверхности со стружкой. В стадии II образуется нарост, который отодвигает контакт стружки с передней поверхностью резца. В

стадии III нарост увеличивается и нависает над задней поверхностью резца, исключая контакт режущего инструмента с обрабатываемой поверхностью. В стадии IV нарост достигает критических размеров и разрушается. В стадии V происходит сход нароста с передней и задней поверхностей, и цикл повторяется снова.

Такого же мнения придерживались исследователи в статье [2], где они в ходе экспериментов выявили, что обработанную поверхность можно разделить на несколько зон по шероховатости. Зона В – стадия I и II, для которой характерно улучшение шероховатости обработанной поверхности. Зона А – стадия III и IV, которая характеризуется грубой шероховатостью. Зона Б – стадия V, которая характеризуется появлением заусенца на обработанной поверхности (след сорвавшегося нароста). Также авторами было отмечено, что в зоне А устойчивого процесса наростообразования нарост более часто срывается, но время его возникновения незначительно, а время контакта инструмента с поверхностью резания уменьшается.

В работе [3] при использовании модели В. Д. Кузнецова, был исследован процесс наростообразования в условиях сухого внешнего трения. В результате наслаивания на нарост новых слоёв деформированного металла и происходит периодическое отрывание нароста, который остается на цилиндрической поверхности образца в виде комочков. В результате исследований были установлены зависимости числа наростов от давления и скорости скольжения. При увеличении давления в зоне резания число наростов увеличивается, а при увеличении скорости скольжения уменьшается. Зависимость количества наростов от скорости скольжения имеет циклический характер. Представлены результаты исследований по влиянию скорости резания на строение стружки при обработке стали У8А. При значении переднего угла $\gamma = 25^\circ$ и увеличении скорости резания с 4,5 до 23 м/мин стружка из элементной переходит в сливную, т. е. в материале протекает процесс пластического деформирования.

Таким образом, можно считать установленным циклический характер наростообразования, наличие пяти стадий формирования нароста и обеспечения минимизации шероховатости поверхности в первой и второй стадиях, когда происходит непосредственный контакт обрабатываемой поверхности с задней поверхностью режущего инструмента.

В монографии В. Ф. Боброва [4] обобщены результаты различных исследований по обработке материалов резанием. С помощью скоростной киносъемки было установлено отрица-

тельное влияние нароста на процесс резания. Например, наличие нароста на передней поверхности уменьшает период стойкости режущего инструмента, ввиду его нестабильности и передачи через него на переднюю поверхность резца высокочастотной колебательной нагрузки в процессе резания.

По результатам исследований [5] установлено, двоякое влияние нароста на процесс резания. С одной стороны, он защищает инструмент от изнашивания и облегчает пластическую деформацию, а с другой стороны негативно влияет на процесс резания и способен ухудшить качество обработанной поверхности.

В результате проведенного анализа наиболее значимых исследований наростообразования можно констатировать, что наростообразование является неконтролируемым процессом, создает некоторые трудности при обработке заготовок и обеспечении заданных требований обрабатываемой поверхности, изменяя глубину резания и шероховатость. В результате экспериментов, проведенных В. К. Старковым, по формированию нароста при свободном резании было установлено, что нарост представляет собой сильно-деформированный материал, его твердость в 2,5...3 раза превосходит твердость обрабатываемого материала. Как при прерывистом резании с образованием элементной стружки, так и в условиях непрерывного резания с образованием сливной стружки, нарост не является устойчивым образованием. Тем не менее, периодический характер наростообразования не говорит о том, что нарост не оказывает влияние на процесс резания [6].

В работах [7–9] было исследовано влияние механизма контактного взаимодействия на износ передней поверхности режущего инструмента. Исследования основывались на изучении участков и зон взаимодействия. Было установлено наличие на передней поверхности зон, характеризующих механизмы взаимодействия, происходящие на передней поверхности и определяющие форму лунки износа режущего инструмента. Так же было установлено, что в процессе резания на различных участках существуют принципиально различные механизмы взаимодействия и износа на лунках в середине и по краям зоны контакта. Так в середину лунки технологические среды не проникают, а механизм и интенсивность износа определяются процессами взаимодействия диффузионно-вязкого слоя, образующегося на нижней поверхности стружки, с материалом инструмента. Было установлено, что по краям лунки износ протекает в условиях механического и адгезионного взаимодействия и с участием окислительных процессов. При этом,

технологические среды проникают на края лунки и оказывают влияние на механизм взаимодействия и износ. Так же установлено, что различные механизмы на этих участках определяют форму лунки. Например, при определенных условиях резания на краях лунки износ происходит интенсивнее чем в середине, тем самым образуются седлообразные лунки.

В исследованиях наростообразования и его влияния на период стойкости режущего инструмента, проведенных коллективом авторов [10, 11], наблюдается снижение сил резания при образовании нароста и возможное повышение стойкости режущего инструмента. Но при этом нарост не обладает достаточной прочностью и надежным соединением с передней поверхностью резца. Авторами сделан вывод о том, что ввиду нестабильности нароста, он не обладает ни защитными, ни режущими свойствами.

Отрицательное влияние нароста на период стойкости инструмента и шероховатость обрабатываемой поверхности были подтверждены и в последующих исследованиях [12, 13].

В работах [14, 15] Липатовым А. А. рассмотрен процесс контактного взаимодействия обрабатываемого материала с передней поверхностью резца при переходе от нароста к пластическому контакту с ростом скорости резания при обработке аустенитной стали 12X18H10T. В результате проведенных экспериментов, путем измерения микротвердости контактных слоев стали на микрошлифах корней стружек, было установлено, что с ростом скорости высота нароста уменьшается, а длина его контакта со стружкой увеличивается.

Из анализа приведенных выше работ по наростообразованию можно считать установленным, что процесс наростообразования имеет циклический характер, зависящий от многих факторов: марки обрабатываемого материала, марки режущего инструмента, режимов резания, геометрии поверхности режущего инструмента.

Причем нарост оказывает двойное влияние на процесс резания и период стойкости режущего инструмента.

Самостоятельный интерес представляет процесс образования стружки при резании различных материалов, сопровождающийся определенными явлениями, которые в основном зависят от свойств обрабатываемого материала. Однако, при значительном изменении параметров режима резания или геометрии режущего инструмента процесс стружкообразования претерпевает существенные изменения и становится совсем несвойственным для того или иного обрабатываемого материала.

В работе [16] установлено специфическое явление, связанное с образованием опережающей трещины впереди вершины резца в сталях средней твердости при значительной толщине стружки. Опережающие трещины также наблюдаются у сталей, получивших нормализацию или улучшение и обладающих структурой разрушающейся легче по самим зернам, чем по прослойкам. Для мягких и вязких металлов, наоборот, опережающие трещины не образуются. Отсутствие опережающей трещины также свойственно при резании с высокими скоростями.

Противоположного мнения придерживаются авторы в работе [17], где наличие опережающей трещины не наблюдалось.

Отсутствие единого мнения в вопросе опережающих трещин свидетельствует о том, что эксперименты проводились по разным методикам или не были учтены все влияющие факторы.

С помощью металлографического метода, впервые примененным Я. Г. Усачевым (1912 – 1914 гг.), в элементах стружки удалось обнаружить линии скольжения, являющиеся следами плоскостей скольжения, по которым происходит скольжение частиц металла внутри элементов (рис. 2).

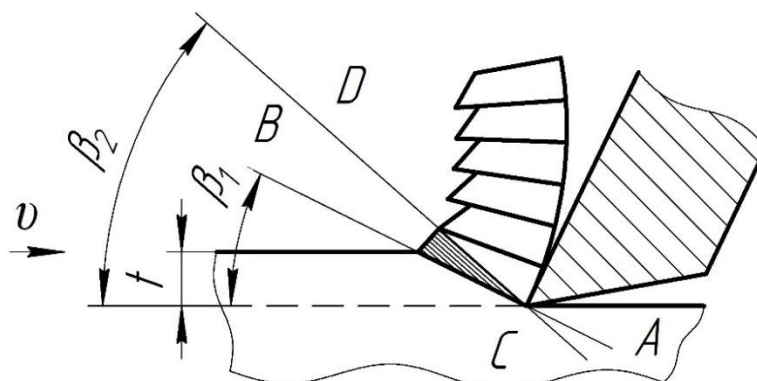


Рис. 2. Схема образования стружки (по Я. Г. Усачеву)

t – глубина резания, v – скорость резания, β_1 – угол сдвига (скалывания), β_2 – угол плоскости скольжения, AB – плоскость сдвига (скольжения), CD – плоскость скольжения

Последующие исследования, проведенные под руководством профессора А. М. Розенберга [17], подтвердили наличие линий скольжения, обнаруженных Я. Г. Усачевым. Также в результате исследований было установлено, что углы β_1 и β_2 увеличиваются с увеличением переднего угла, глубины и скорости резания, что является неотъемлемой частью процесса стружкообразования.

В работе [18] авторы также указывают на появление опережающей трещины, но характер

трещины таков, что при распространении ее вверх она переходит в плоскость сдвига.

Дальнейшие исследования по образованию опережающей трещины были продолжены в статье [19]. По результатам исследований было установлено, что концентрация напряжений возле режущей кромки в зависимости от механических свойств материала приводит к двум типам разрушений: образованию пластической зоны в направлении 1 и опережающей трещины в направлении 2 (рис. 3).

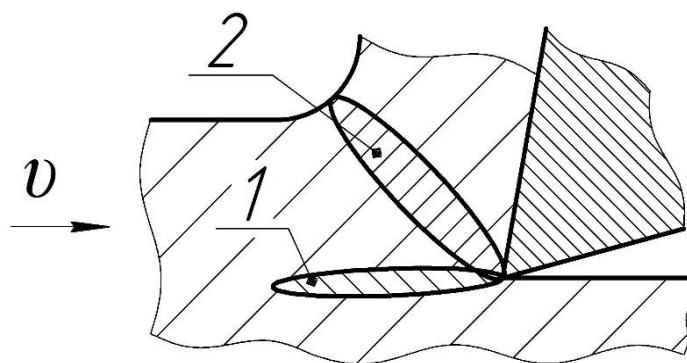


Рис. 3. Зоны возможных разрушений

1 – зона разрушения упругопластичных материалов, 2 – зона разрушения хрупких материалов

Экспериментально зафиксировано [19], что при соприкосновении режущего инструмента с обрабатываемым металлом у его вершины, независимо от свойств обрабатываемого материала, создается концентрация напряжений. Моделирование с помощью метода конечных элементов показало, что дальнейшее развитие сжимающих усилий не вызывает качественных изменений в деформационном поле. Увеличивается только зона и степень пластических деформаций, но процесс сжатия к стружкообразованию не приводит. Предположительно для зоны 1 преобладает деформация изгиба, способствующая отрыву припуска металла в месте ослабления концентраций напряжений. Для зоны 2 стружка при изгибе разрушается у основания «консоли», в этом случае происходит сдвиг стружки по поверхности сдвига.

Установлено, что чем больше размер пластической зоны, тем больше изгибающий момент стружки. При этом образующийся рычаг снижал силы, необходимые для разрушения обрабатываемого материала. Если преобладает работа изгиба, то стружкообразование происходит при разрушении припуска вдоль поверхности резания в зоне 1, последующий сдвиг вдоль области разрушения и циклическое повторение этих действий приводит к образованию элементной стружки. Для хрупких материалов после образования трещины у вершины лезвия, незначительный изгиб возникшей консоли завершается изломом, образуется стружка надло-

ма. Авторы в работе не исключают, что при хрупком разрушении наблюдаются предварительные пластические деформации, что соответствует теории разрушения Степанова, и наоборот, при разрушении пластичных материалов проявляются механизмы, свойственные хрупким материалам, связанные с упрочнением, деформированием кристаллических решеток и концентрацией дислокаций [19].

В работе [20] исследован процесс элементного стружкообразования при обработке резанием жаропрочных сталей при скоростях до 50 м/мин. Исследования показали, что появление адиабатической полосы сдвига на высоких скоростях резания увеличивает износ инструмента, оказывая влияние на качество обрабатываемой поверхности, но с другой стороны, это явление обеспечивает получение элементной стружки. Было установлено, что переход из сливной стружки в элементную также возможен при увеличении глубины резания и уменьшении переднего угла режущего инструмента, причем такой переход нехарактерен для конструкционных сталей и многих цветных металлов и сплавов.

В работе [21] было исследовано стружкообразование в условиях сверхвысоких скоростей резания. Целью исследования являлось определение наличия или отсутствия оплавления поверхностного слоя стружки при контактом взаимодействии с передней поверхностью резца. В результате было предложено две гипотезы. При наличии оплавления механические свойства ма-

териала соответствуют механическим свойствам расплава. При отсутствии оплавления механические свойства сохраняются. По мнению авторов, наличие оплавления резко снижает сопротивление пластическому деформированию.

Известны исследования, рассматривающие стружкообразование с точки зрения атомно-дислокационного подхода, а процесс наростообразования предлагается рассматривать как результат адгезии в областях высокого давления [22]. В результате исследования процесса резания авторами было сделано предположение, что с ростом скорости резания силы резания и степень пластической деформации срезаемого слоя будут снижаться с одновременным формированием ячеистой дислокационной структуры. При этом формирование микротрещин происходит путем разрыва межатомных связей и образованием хрупкого скола.

Другой подход к изучению явлений в зоне резания был исследован В. Н. Подураевым в МВТУ им. Н. Э. Баумана в 1956 – 1967 гг. [23]. Было исследовано вибрационное резание на низких частотах (до 200 Гц). Автором отмечено, что резание с вибрациями низкой частоты, направленными нормально к поверхности резания, приводят к количественным изменениям условий стружкообразования и способствуют дроблению стружки.

Результаты экспериментальных исследований показали, что за счет вибрационного резания происходит изменение свойств обрабатываемого материала и условий резания, тем самым изменяя процесс стружкообразования. Выражение этого явления наблюдается в появлении в сливной стружке трещин, которые охватывают часть ее толщины, а при пересечении трещинами всей толщины – образуется стружка скалывания. Возникновению трещины сопутствует значительная концентрация напряжений в контактной зоне, что способствует дальнейшему развитию трещины при меньшем силовом воздействии. При наличии усилия, достаточного для развития трещины, образуется элементная стружка, в противном случае образуется сливная стружка. Таким образом, было установлено, что поверхность разрыва при переходе от сливной стружки к элементной изменяет направление от положения параллельного направлению движению резания к перпендикулярному, направленному вверх к обрабатываемой поверхности.

Из результатов многочисленных исследований вибрационного резания, представленных иностранными учеными [24], можно считать установленным, что применение вибрационного резания, ввиду прерывистого контакта, обеспечивает отсутствие наростообразования, улучша-

ет отвод стружки и повышает стойкость инструмента.

Результаты исследований периода стойкости инструмента при обработке высокоуглеродистой стали аустенитного класса 110Г13Л, выполненных А. П. Сергиевым и Е. Г. Швачкиным [25], показали высокую эффективность обработки, осуществлявшейся с помощью установки для вибрационного резания с использованием вынужденных гармонических колебаний маятникового типа (патент РФ на изобретение № 2212309 [26]).

Исследование режимов чернового вибрационного точения по литейной корке при скорости резания $v = 25$ м/мин показало, что период стойкости инструмента увеличился на 43 – 57 %. Исследование чернового вибрационного точения по чистому металлу показало, что период стойкости инструмента увеличился на 48 – 67 % при скорости резания 50 м/мин и на 44 – 69 % при скорости резания 70 м/мин. Исследование чистового вибрационного точения показало, что период стойкости инструмента увеличился на 85 – 106 % при скорости резания 80 м/мин и на 82 – 100 % при скорости резания 100 м/мин.

Авторами экспериментально были установлены рациональные режимы резания и параметры колебаний, была подтверждена зависимость параметров колебаний от скорости резания. Максимальный период стойкости наблюдался при вибрационной скорости вершины резца в диапазоне 3,3 – 5,6 % от скорости резания.

Исследования влияния вибраций на процесс резания при точении труднообрабатываемых материалов были продолжены в работах [27, 28]. В ходе исследований было установлено, что повышение стойкости режущего инструмента обуславливается влиянием в зоне резания совокупным воздействием, которое включает в себя три основных фактора: виброскорость, периодически суммируется и вычитается из скорости резания, вибрационное ускорение, влияющее на величину силы резания, и энергию рассеивания, влияющую на температуру в зоне резания.

В работе [29] представлены результаты экспериментов по точению конструкционных сталей с наложением на подачу инструмента асимметричных негармонических колебаний, предназначенных для надежного стружкодробления. Наложение колебаний, в направлении подачи с различными коэффициентами асимметрии, осуществлялось с помощью специального гидромеханического устройства. На скорость резания такой тип колебаний влияния не оказывает, но обеспечивает стружкодробление и препятствует наростообразованию.

Приняв за основу схему, предложенную Н. В. Талантовым [8], заменим неподвижный резец на резец, совершающий маятниковые колебания,

которые влияют на тангенциальную и нормальную составляющие силы резания, получим схему (рис. 4).

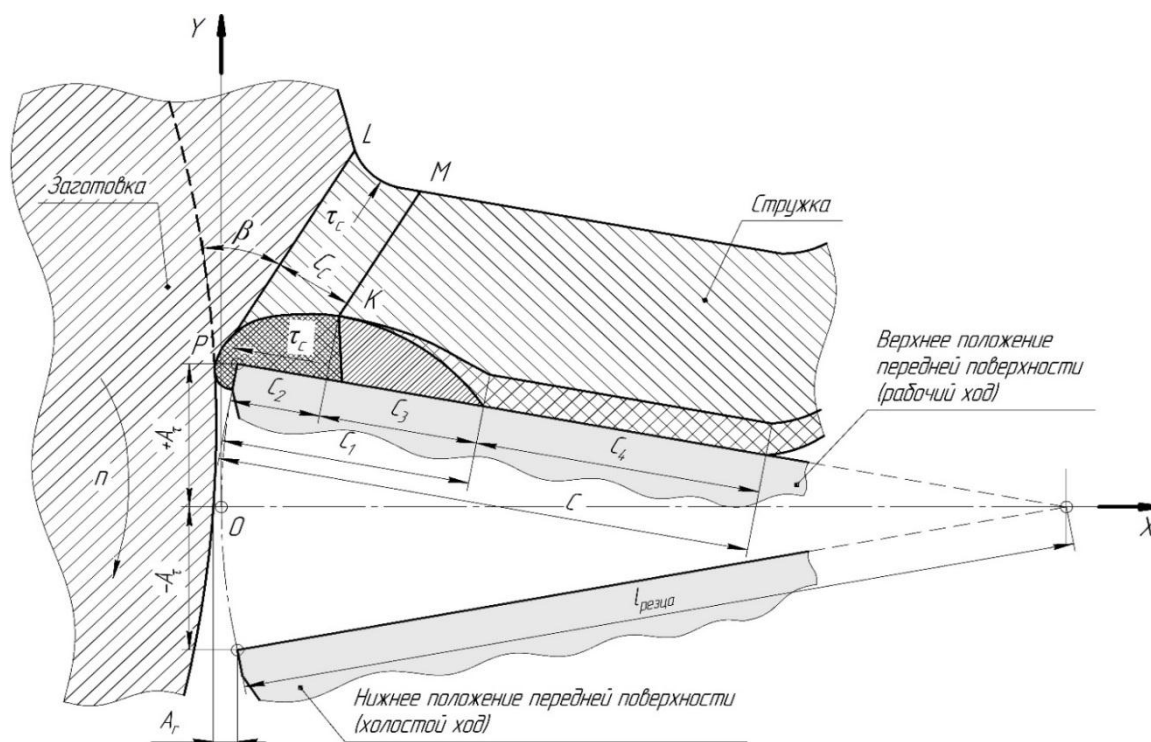


Рис. 4. Схема вибрационного резания при точении:

τ_c – сопротивление пластическому деформированию, β – угол сдвига, PL – начальная граница зоны стружкообразования, KM – конечная граница зоны стружкообразования, S_c – размер толщины зоны стружкообразования, S – общая длина контакта стружки с передней поверхностью инструмента, S_1 – участок пластического контакта, S_2 – участок упрочнения пластического контакта (зона контакта, отвечающая за износ резца по задней поверхности), S_3 – участок разупрочнения пластического контакта из-за выделения тепла в зоне резания (зона контакта, отвечающая за износ резца по передней поверхности), S_4 – участок вязкого контакта, $l_{\text{резца}}$ – вылет резца относительно оси качания, $+A_\tau$ – положительная тангенциальная составляющая вибрационного резания, $-A_\tau$ – отрицательная тангенциальная составляющая вибрационного резания, A_n – нормальная составляющая вибрационного резания

Анализируя представленную схему (рис. 4), правомерно выдвигание гипотезы о том, что при нахождении резца в верхнем положении, нарост сохраняется на вершине резца, что в свою очередь защищает от износа и ухудшает шероховатость обрабатываемой поверхности. Но при движении резца в нижнее положение, за счет сил трения, возникающих между обрабатываемой поверхностью заготовки и поверхностью нароста, происходит его отрыв с вершины резца, отдых и охлаждение инструмента, за счет выведения режущей кромки из зоны резания.

Выдвинутое предположение об отрыве нароста с вершины резца подтверждается визуальным осмотром экспериментальных образцов [27]. При сравнении обработанных поверхностей образцов из стали 12Х18Н10Т, полученных точением с вибрациями и без вибраций при скоростях резания 55 и 70 м/мин, было отмечено положительное влияние вибраций на шероховатость поверхности. При наложении колебаний на режущий инструмент количество заусенцев

на обработанной поверхности, которые являлись следами сорвавшегося нароста, выявленными исследователями в работе [2], уменьшалось примерно в 2...4 раза, в зависимости от интенсивности колебаний. На результаты измерений шероховатости поверхности наличие заусенцев, в виде сорвавшегося нароста, значительного влияния не оказывает.

Правомерно предположить, что если период колебаний меньше времени формирования нароста, чем стадии его образования по задней поверхности, то нарост будет отрываться при каждом цикле колебаний, что обеспечивает получение стабильных параметров шероховатости поверхности. При этом эффект наблюдается, если выполняется условие, при котором вибрационная скорость ($A \cdot \omega$) больше скорости резания (v), соответственно, чем больше разница, тем интенсивнее происходит процесс срыва нароста с передней поверхности резца.

Этот факт позволяет предположить, что процесс стружкообразования при вибрационном

резании схож с процессом стружкообразования при резании со сверхвысокими скоростями. Что в свою очередь подтверждается цифровыми фотографиями фрагментов стружки (рис. 5), полу-

ченными при обработке стали 12X18H10T. Резание производилось при скорости $v = 82$ м/мин, подаче $S_0 = 0,26$ мм/об, глубине $t = 0,5$ мм.

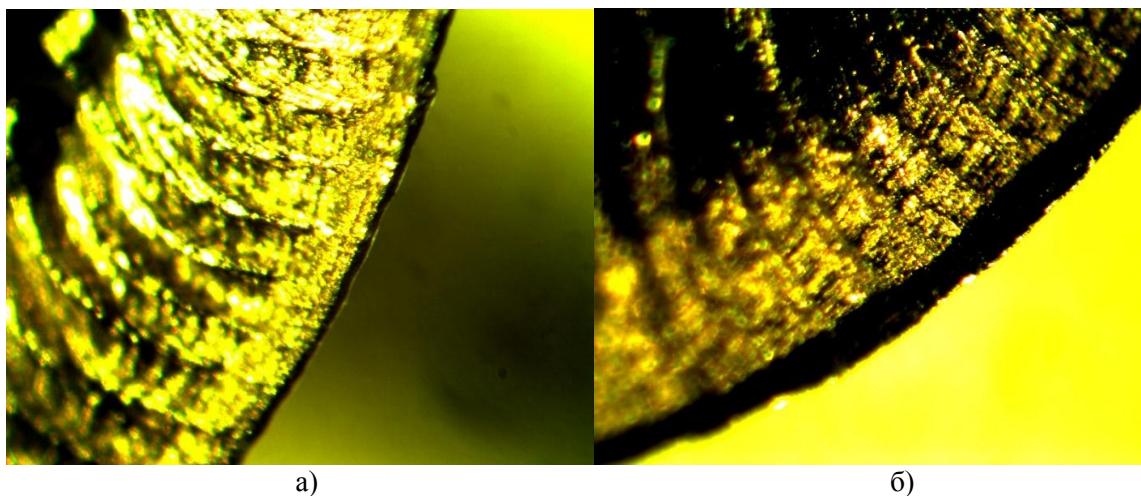


Рис. 5. Фотографии фрагментов стружки:

а – при резании без вибраций; б – при вибрационном резании ($A = 5 \dots 10$ мкм; $f = 5 \dots 10$ Гц)

Из представленных фотографий (рис. 5) очевидно, что величина оплавления при резании с вибрациями и без отличается. Визуально, величина оплавления кромки стружки при резании с вибрациями примерно в 2...3 раза больше, чем без вибраций

Если рассматривать процесс резания с вибрациями в тот момент, когда резец осуществляет движение из нижнего положения в верхнее, правомерно предположить, что за счет воздействия вибрационной скорости на обрабатываемый материал в зоне резания, путем суммирования скорости резания и вибрационной скорости, процесс резания происходит со сверхвысокими скоростями. Это предположение подтверждается фотографиями полученных стружек.

На основании проведенного анализа наиболее значимых исследований физических явлений, протекающих в зоне резания, можно сформулировать влияние основных факторов на целевую функцию, характеризующую оптимизацию технологических параметров резания:

- применение вибрационного резания для обработки труднообрабатываемых материалов позволяет расширить диапазон скоростей резания и повысить период стойкости инструмента;

- применение вибрационного резания для обработки труднообрабатываемых материалов позволяет улучшить качество обрабатываемой поверхности заготовки за счет снятия нароста с передней поверхности режущего инструмента до его образования на задней поверхности, тем самым обеспечивая постоянный контакт задней поверхности режущего инструмента с поверхностью обрабатываемой заготовки и стабильную шероховатость поверхности;

- периодическое вибрационное воздействие на процесс резания, т. е. суммирование и вычитание вибрационной скорости из суммарной

скорости резания, изменение по периодическому закону силы резания и степени пластических деформаций срезаемого слоя, отсутствие оплавления обрабатываемого материала при контакте с передней поверхностью резца создает условия для появления опережающей трещины, обеспечивающей дробление стружки;

- вибрационное резание вязких и пластичных материалов позволяет создавать условия, при которых исчерпывается запас пластичности обрабатываемого материала, в результате чего материал разрушается с образованием элементной стружки;

- применение вибрационного резания полностью изменяет механизм износа и уменьшает его интенсивность за счет прерывания процесса взаимодействия диффузионно-вязкого слоя с материалом инструмента, повышает период стойкости инструмента, благодаря возможности отдыха режущей кромки за счет ее выведения из зоны резания в момент обратного хода резца при условии превышения виброскорости над скоростью резания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грановский Г.И., Грудов П.П., Кривоухов В.А., Ларин М.Н., Малкин А.Я. Резание металлов. М.: Изд. Машгиз, 1954. 472 с., ил.
2. Древаль А.Е., Лужанский М.С. Наростообразование и работоспособность режущего инструмента // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. №12. С. 3–7.

3. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. Вузов. М.: Изд. Высш. Шк., 1985. 304 с., ил.
4. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. М.: Изд. Машиностроение, 1975. 344 с.
5. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М.: Изд. Машиностроение, 1989. 296 с.
6. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов. М.: Изд. Машиностроение, 2009. 640 с.
7. Талантов Н.В., Козлов А.А. Механизм взаимодействия стружки с передней гранью инструмента // Известия вузов. Машиностроение. 1976. № 3. С.147–150.
8. Талантов Н.В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента. М.: Изд. Машиностроение, 1992. 240 с.
9. Полянчиков Ю.Н., Пахтусов С.М., Солодков В.А., Черемушников Н.П., Кумаков А.В., Крайнев Д.В. Влияние механизма контактного взаимодействия на износ передней поверхности инструмента // Известия ВолгГТУ. 2004. №9. С. 42–44.
10. Astakhov V.P., Shvets S.V., Osman M.O. M. Ship structure classification based on mechanics its formation // Materials processing Technology. 1997. Vol. 71/2. P. 247–257.
11. Astakhov V.P., Shvets S.V., Osman M.O. M. The Bending Moment as the Cause of Chip Formation // Manufacturing Science and Engineering. Proceedings of the ASME international mechanical engineering congress & exposition. 1997. Vol. 12. P. 53–60.
12. Емельянов С.Г., Яцун Е.И., Шве́ц С.В., Ремнев А. И., Павлов Е. В. Влияние образования наростов при точении на стойкость и качество обработанной поверхности // Технология машиностроения. 2011. №9. С. 30–34.
13. Яцун Е.И., Шве́ц С.В., Ремнев А.И. Исследования образования наростов при резании металлов / Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы VIII Международной научно-технической конференции: в 2 частях // Юго-Зап. гос. ун-т. (Курск, 28 декабря 2010 г.), Курск: Изд-во ЮЗГУ, 2011. Ч.2. С. 125–132.
14. Липатов А.А. Работоспособность титанотанталовых твердых сплавов при резании труднообрабатываемых материалов // Известия ВолгГТУ. 2006 №2. С. 33–35.
15. Липатов А.А. Особенности перехода от наростообразования к взаимодействию с пластическим контактом при обработке аустенитной стали // Известия ВолгГТУ. 2013. Т. 9. №7 (110). С. 31–34.
16. Панкин А.В. Обработка металлов резанием. М.: Изд. Машгиз, 1961. 520 с.
17. Рубинштейн С.А., Левант Г.В., Орнис Н.М., Тарасевич Ю.С. Основы учения о резании металлов и режущий инструмент. М.: Изд. Машиностроение, 1968. 392 с.
18. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. Изд. 3-е, перераб. и доп. Учебник для машиностроительных техникумов. М.: Машиностроение, 1976. 440 с.
19. Яцун Е.И., Емельянов С.Г., Ремнев А.И., Шве́ц С.В. Механизм стружкообразования при резании металлов // Технология машиностроения. 2012. №5. С. 9–14.
20. Ласуков А.А., Чазов П.А., Барсук А.В. Изучение процесса элементного стружкообразования при резании труднообрабатываемых материалов / Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов V Международной научно-практической конференции: в 2-х т. // Юргинский технологический институт. (Юрга 22–23 мая 2014 г.), Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. Т.1. С. 290–294.
21. Корнеева В.М., Корнеев С.С. Разработка модели процесса стружкообразования в условиях сверхвысоких скоростей резания // Технология машиностроения. 2014. №11. С. 54–58.
22. Кабалдин Ю.Г., Кузьмишина А.М., Серый С.В. Атомно-дислокационный подход к процессу резания металлов // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. 2013. №4 (101). С. 189–198.
23. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. М.: Изд. Машиностроение, 1970. 350 с.
24. Кумабэ Д. Вибрационное резание: Пер. с яп. С. Л. Масленникова / Под ред. И. И. Портнова, В. В. Белова. М.: Машиностроение, 1985. 424 с., ил.
25. Швачкин Е.Г. Повышение периода стойкости инструмента при вибрационном точении высокоуглеродистых сталей: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Швачкин Евгений Геннадиевич. – Старый Оскол, 2003. 192 с.
26. Пат. 2212309 Российская Федерация, МКИ 7 В 23 В 25/00. Устройство для вибрационного резания / А. П. Сергиев, Е. Г. Швачкин; заявитель и патентообладатель А. П. Сергиев, Е. Г. Швачкин. – № 2001123546/02; заявл. 22.08.2001; опубл. 20.09.2003, Бюл. № 26. – 7 с.
27. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. Особенности стружкообразования при чистовом вибрационном точении стали 12Х18Н10Т // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и

производство: Сб. ст. по материалам XIII Всероссийской научно–практической конференции с международным участием, (Старый Оскол, 23–25 ноя. 2016 г.), Старый Оскол: Изд-во СТИ НИТУ МИСиС, 2016. Т. 1. С. 285–288.

28.Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. Влияние параметров виброрезания на период стойкости инструмента // Фундамен-

тальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2016. №5 (319). С. 96–101.

29.Шелег В.К., Данильчик С.С., Точение конструкционных сталей с наложением на подачу инструмента асимметричных колебаний // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2014. № 11. С. 2–7.

Sergiev A.P., Vladimirov A.A., Makarov A.V., Shvachkin E.G.
PHYSICAL PRINCIPLES OF VIBRATION CUTTING IN TURNING

The vibrating cutting is one of the effective methods of processing workpieces of hard materials for the manufacture of parts of mining and metallurgical equipment. With proper selection of the vibration modes of cutting improves durability of the cutting tool and to ensure reliable chip control. When machining materials using a cutting tool vibration in the cutting area there are processes other than the processes occurring in the normal turning. A brief literature review of studies describing the processes occurring in the cutting zone. Particular attention is paid to the process and built-up edge is a schematic diagram of its occurrence and the removal from the surface of the cutting tool. The mechanism of the cutting edge wear, impact durability during the built-up edge on the tool and the machined surface roughness. A hypothesis to explain the physical processes of cutting vibration during turning. A scheme of the process of cutting vibration and formulated conditions for the formation of build-up and its subsequent removal from the tool tip.

Key words: vibration cutting, built-up edge, during the tool life, surface roughness, contact interaction.

Сергиев Аркадий Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии и оборудования в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта.

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Адрес: Россия, 309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, д. 42.

E-mail: tomm_sti_misis@mail.ru

Владимиров Александр Андреевич, аспирант кафедры технологии и оборудования в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта.

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Адрес: Россия, 309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, д. 42.

E-mail: aleksandrvidila@yandex.ru

Макаров Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта.

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Адрес: Россия, 309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, д. 42.

E-mail: makarov.av@mail.ru

Швачкин Евгений Геннадиевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта.

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Адрес: Россия, 309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, мкр. Макаренко, д. 42.

E-mail: eshvachkin@mail.ru

Кудеников Е.Ю., аспирант,
Бойко А.Ф., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

kudenikov@bk.ru

В процессе электроэрозионной обработки отверстий малого диаметра нижние участки электрода-инструмента подвергаются воздействию боковых разрядов дольше, чем верхние, что приводит к увеличению погрешности формы получаемого отверстия. В статье анализируется профиль полученных методом электроэрозионной обработки отверстий. Установлено, что величина конусности возрастает с увеличением глубины обработки. Экспериментально подтверждена адекватность методики определения величины дополнительного калибровочного прохода с использованием функции эллипса. Полученные данные позволяют повысить точность размерной электроэрозионной обработки отверстий малого диаметра.

Ключевые слова: точность электроэрозионной обработки, конусность отверстий малого диаметра, объемный износ электрода-инструмента, калибровочный проход, торцевание электрода-инструмента, глубина электроэрозионной обработки.

Известно, что в процессе ЭЭО по зазору между стенками отверстия и ЭИ движется жидкость, насыщенная продуктами эрозии, которые создают условия для паразитных разрядов [1–5]. Так как нижние участки электрода-инструмента (ЭИ) подвергаются действию боковых разрядов дольше, чем верхние, то ЭИ в процессе обработки заостряется, что приводит к увеличению погрешности формы (в т. ч. конусности) получаемого отверстия. При этом прецизионная обработка микроотверстий в большинстве случаев выполняется на заключительных этапах технологического процесса, что значительно повышает затраты в случае получения брака. Для снижения величины конусности производится калибрование отверстия путем дополнительной подачи или повторная обработка отверстия отторцованным электродом-инструментом [6]. При этом калибровка путем дополнительной подачи ЭИ проводится до прекращения боковых разрядов [7–11], что зачастую приводит к превышению допуска на диаметр отверстия в верхней части обрабатываемой детали, а торцевание ЭИ с последующей калибровкой отверстия значительно снижает производительность обработки. Предложенный в [12] метод определения величины калибровочного прохода основывается на измерении бокового износа электрода-инструмента и позволяет математически описать контур рабочей части ЭИ с помощью функции эллипса при различных режимах обработки. При этом степень соответствия контура рабочей части ЭИ профилю получаемого отверстия изучены не были.

Настоящая работа направлена на изучение профиля отверстий, получаемых методом ЭЭО, определения степени соответствия их контуру рабочей части ЭИ, а также на определение величины дополнительного калибровочного прохода.

Для определения профиля получаемых микроотверстий на электроэрозионном станке 04ЭП10М был проведен эксперимент при следующих режимах обработки: частота генератора импульсов – 25 кГц; энергия импульса – 352,56 мкДж; материал электрода-детали – коррозионностойкая сталь в виде 10 скрепленных между собой бритвенных лезвий толщиной 100 мкм каждое, материал электрода-инструмента – вольфрам в виде проволоки, рабочая среда – вода водопроводная.

Эксперимент проводился следующим образом. В качестве обрабатываемой детали использовались 10 бритвенных лезвий, плотно скрепленных между собой механическим способом. Электродом-инструментом диаметром $d=100$ мкм прошивалось сквозное отверстие. Обработка останавливалась сразу после «вскрытия» отверстия. Далее лезвия раскреплялись и с помощью цифрового микроскопа Levenhuk D70L выполнялась серия снимков рабочей части ЭИ и полученных отверстий на каждом лезвии. На рис.1. представлены снимки полученных отверстий.

Анализируя рис. 1. следует отметить, что с увеличением глубины обработки диаметр отверстий уменьшался, причем в лезвиях, установленных последними в связке, диаметр

полученных отверстий значительно меньше, чем в верхних. На практике при обработке подобного отверстия без калибровочного прохода это привело бы к браку изделия.

Снимок рабочей части электрода-инструмента приведен на рис. 2.

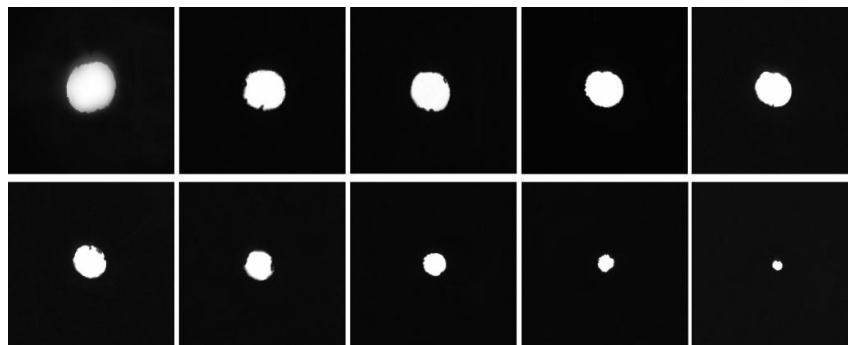


Рис. 1. Снимки отверстий, полученных в лезвиях, находящихся на различных глубинах обработки

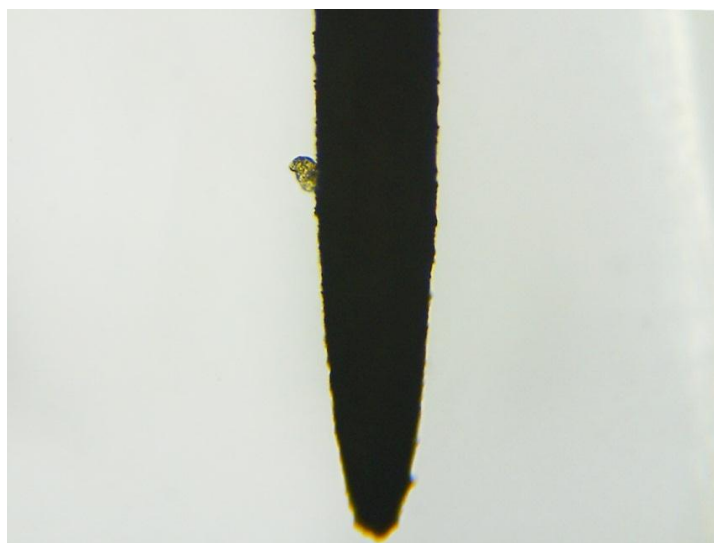


Рис. 2. Снимок рабочей части электрода-инструмента

Определим диаметры полученных отверстий, а также диаметр электрода-инструмента в соответствующих точках, полученные данные представим в виде рис. 3.

Определим величину зазора между электродом-инструментом и обработанным отверстием, значения сведем в табл. 1.

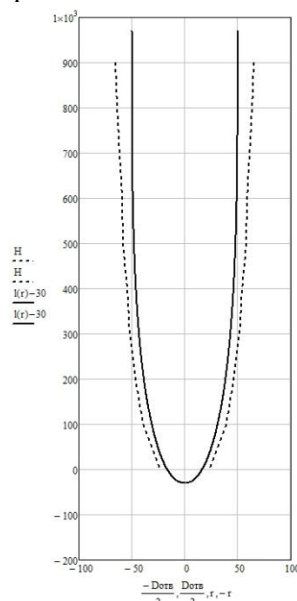


Рис. 3. Контуры рабочей части электрода-инструмента (сплошные линии) и полученного отверстия (пунктирные линии)

Анализируя рис.3 и табл.1 можно сделать вывод о том, что профиль полученного отверстия соответствует профилю рабочей части электрода-инструмента, при этом по причине различного времени воздействия боковых разрядов зазор между ЭИ и стенками отверстия с увеличением глубины уменьшается.

Для анализа величины бокового износа электрода-инструмента опишем математически закон изменения его контура с помощью

функции эллипса по методике, описанной в [12]. Получим следующую функцию:

$$l(r) = 1000 \left[1 - \left(1 - \frac{r^{2.106}}{50} \right)^{1/3.269} \right] \quad (1)$$

Представим совместно экспериментально полученные контур рабочей части ЭИ и профиль отверстия с математически описанным контуром ЭИ на рис. 4.

Таблица 1

Значения величины зазора между электродом-инструментом и обработанным отверстием

№ отверстия (1 – соответствует. нижнему лезвию в связке, 10 - верхнему)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Величина зазора, мкм	3,4	4,8	4,8	5	6	8,6	9,2	11,7	13,3	15,3

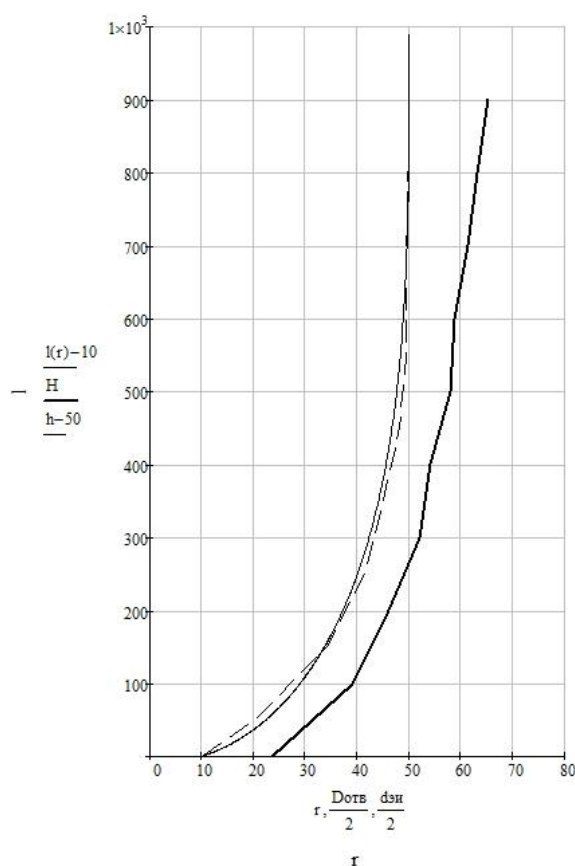


Рис. 4. Контур рабочей части электрода-инструмента, полученный экспериментально (штриховая линия), описанный математически (сплошная тонкая линия) и профиль полученного отверстия (сплошная толстая линия)

Анализируя рис.4. можно сделать вывод о том, что методика, описанная в [12], позволяет корректно описать математически с помощью функции эллипса контур рабочей части электрода-инструмента, который соответствует профилю получаемого отверстия.

Для снижения конусности получаемых методом ЭЭО отверстий рекомендуется выполнять дополнительный калибровочный проход. Для определения его величины достаточно знать за-

кон изменения контура рабочей части электрода-инструмента для данных условий обработки. Например, для условий данного эксперимента, при отрицательном допуске на диаметр отверстия 10 мкм величина дополнительного калибровочного прохода составит 390 мкм.

Таким образом, можно сделать следующие обобщающие выводы.

1) При электроэрозионной обработке прецизионных отверстий с увеличением

глубины обработки увеличивается конусность получаемых отверстий.

2) По причине различного времени воздействия боковых разрядов зазор между ЭИ и стенками отверстия с увеличением глубины обработки уменьшается.

3) Для обеспечения заданного допуска на диаметр отверстия необходимо выполнять дополнительный калибровочный проход, определяя его величину с помощью полученной зависимости.

4) Для определения величины дополнительного калибровочного прохода необходимо математически с помощью функции эллипса описать закон изменения контура рабочей части электрода инструмента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левинсон Е.М., Лев В.С., Гуткин В.Г., Лившиц А.Л., Юткин Л.А. Электроразрядная обработка материалов. Л.: Машиностроение, 1971. 256 с.
2. Бойко А.Ф. Эффективная технология и оборудование для электроэрозионной прошивки микроотверстий. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 314 с.
3. Золотых Б.Н. Физические основы электроискровой обработки. М.: Машиностроение, 1977. 44 с.
4. Попилов Л.Я. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов. Л.: Машиностроение, 1971. 544 с.
5. Фатеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. М.: Машиностроение, 1980. 184 с.
6. Лазаренко Б.Р. Электроискровая обработка металлов. М.: Машиностроение, 1950. 164 с.
7. Артамонов Б.А., Вишницкий А.Л., Волков Ю.С., Глазков А.В. Размерная электрическая обработка металлов. М.: Высш. школа, 1978. 336 с.
8. Левинсон Е.М. Отверстия малых размеров. Л.: Машиностроение, 1977. 152 с.
9. Гуткин В.Г. Автоматизация электроэрозионных станков. Л.: Машиностроение, 1971. 160 с.
10. Левинсон Е.М., Лев В.С. Электроэрозионная обработка металлов. Л.: Лениздат, 1972. 328 с.
11. Puertas I., Luis C.J. A study on the machining parameters optimization of electrical discharge machining // Journal of materials processing technology. 2003. №1. С. 521–526.
12. Бойко А.Ф., Кудеников Е.Ю. Исследование зависимости объемного износа электрода инструмента от глубины обработки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №9. С. 122–124.

Kudennikov E.U., Boyko A.F.

RESEARCH PROFILE PRECISION HOLES, OBTAINED BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

During EDM holes of small diameter portions of the lower electrode-tool bits are exposed to the side longer than the upper, which leads to increased errors resulting from the opening. The article analyzes the profile obtained by EDM holes. It is found that the taper value increases with machining depth. Experiments confirmed the adequacy of the methodology for determining the value of additional calibration pass, using the ellipse function. The data will improve the accuracy of dimensional electrical discharge machining of small diameter holes.

Key words: precision EDM, taper holes of small diameter, volumetric wear of the electrode-tool calibration run, trimming tool-electrode EDM depth.

Кудеников Евгений Юрьевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: kudenikov@bk.ru

Бойко Анатолий Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дуганов В.Я., канд. техн. наук, доц.,
Сумской А.М. аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА КОЛЬЦА ПРИ БЕСЦЕНТРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Sumskoiam@yandex.ru

В данной работе приводятся исследования зависимости факторов упругих деформации изделия и смещения его оси вращения в пространстве, на точность бесцентровой обработки крупногабаритных изделий. Это позволяет повысить качество опорных узлов крупногабаритных вращающихся агрегатов, за счет повышения точности механической обработки функциональных поверхностей. Что является весьма актуальным при монтаже и ремонтной обработке переносными станочными модулями на предприятиях горнорудной и строительной индустрии.

Ключевые слова: упругие деформации, нестационарная ось вращения, бесцентровая обработка крупногабаритных изделий.

Введение. Формообразование при бесцентровой обработке деталей зависит от нескольких факторов, основными из которых являются геометрические параметры наладки станка. Влияние этих факторов исследовано и описано достаточно хорошо в работах [1–5]. В основе объяснения этого влияния лежит предпосылка, что мгновенная глубина резания определяется текущими значениями погрешности формы обрабатываемой детали в точках её контакта с режущим инструментом и базирующими элементами. Перемещение мгновенного центра вращения детали непосредственно влияет на изменение глубины резания по углу поворота кольца, и, следовательно, к искажению геометрической формы обрабатываемой поверхности.

Задача повышения точности формообразования усложняется тем, что требуется снять минимальный припуск для получения требуемого размера.

Если при обработке на бесцентрово-шлифовальных станках мы говорим о геометрических параметрах настройки станка, как об основных факторах, влияющих на точность обработки, то при обработке крупногабаритных колец на наземном передвижном станке, речь чаще всего приходится вести о влиянии отдельных параметров базовых элементов конструкции: диаметре опорных роликов, центральном угле установки роликов, углах расположения режущего инструмента.

Кроме вышеперечисленных факторов при бесцентровой обработке крупногабаритных деталей - типа колец, значительное влияние оказывают и масштабные факторы, например, упругие деформации кольца и мгновенные колебания центра вращения в пространстве.

Таким образом, на точность обработки детали кроме таких известных факторов, как геометрические параметры настройки, будут влиять деформация обрабатываемой детали δ , угол поворота оси симметрии деформированного кольца при его вращении ε и возникающие колебания обрабатываемой детали.

Методология. Исследование факторов, оказывающих существенное влияние на точность бесцентровой обработки крупногабаритных изделий с целью установления связей этих факторов с обеспечением точности формы и повышением производительности труда.

Основная часть. Закон движения центра математического эталона вписанной в контур обрабатываемого кольца прилегающей окружности, являющейся и измерительной базой при бесцентровом точении, характеризует точность обработки и необходим для управления инструментом. С учетом первоначальной эллиптической формы бандажей цементных печей и дополнительных искажений формы наружной цилиндрической поверхности.

На практике такое базирование имеет место в случае выверочной прокрутки кольца или обечайки на роликах небольшого размера (соотношение диаметров кольца и роликов более 20:1), или при обмерах крупногабаритного кольца с помощью прибора, имеющего небольшие опорные ролики или острозаточенные опоры.

В качестве исходных параметров заданы полуоси эллипса и опорный угол $\alpha=60^\circ$. На рис. 1.а показано положение кольца на острозаточенных опорах с подвижной системой координат

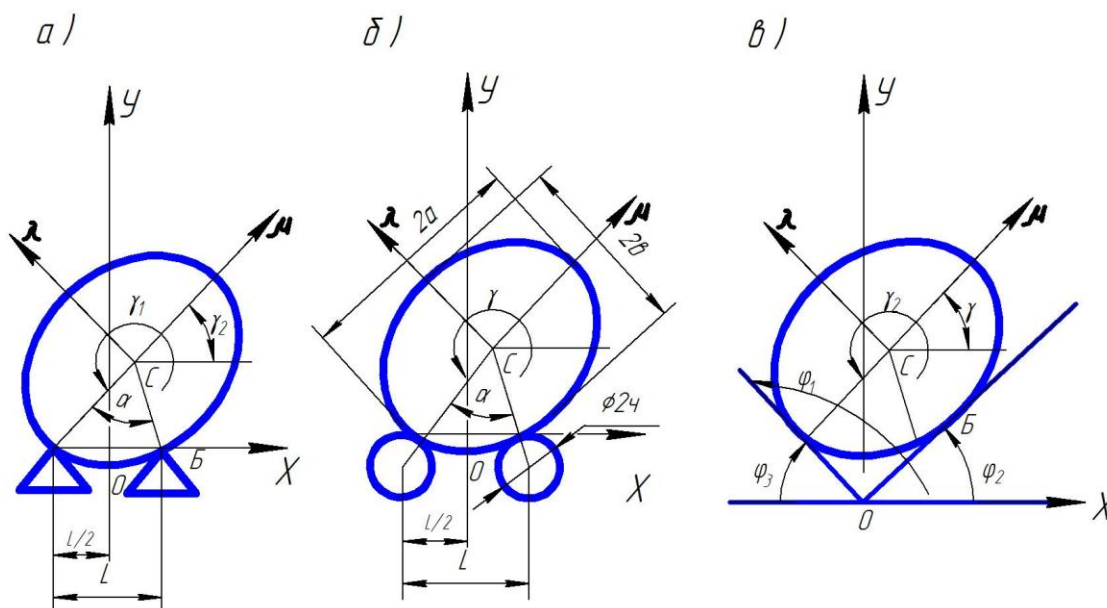


Рис. 1. Виды базирования при бесцентровой обработке колец

Решая систему уравнений для фиксированного угла μ , определяем $\mu_A; \lambda_A$ и $\mu_B; \lambda_B$

$$\mu_{A,B} = \pm \frac{a \cdot b}{\sqrt{b^2 - a^2 \cdot k_{1,2}^2}}; \lambda_{A,B} = \pm \frac{k_{1,2} \cdot a \cdot b}{\sqrt{b^2 - a^2 \cdot k_{1,2}^2}} \quad (1)$$

где: $K_2 = \operatorname{tg}(\gamma + \alpha)$ $K_1 = \operatorname{tg} \gamma$

Находим длину l_1 и l_2 радиусов-векторов СА и СВ

$$l_1 = \sqrt{\mu_A^2 + \lambda_A^2}; l_2 = \sqrt{\mu_B^2 + \lambda_B^2} \quad (2)$$

$$l_1 = \sqrt{(x_c - x_a)^2 + (y_c - y_a)^2}; l_2 = \sqrt{(x_c - x_b)^2 + (y_c - y_b)^2} \quad (3)$$

Из рис. видно, что действительная длина радиус-векторов l'_1 и l'_2 будет меньше и равна:

$$l'_1 = \sqrt{(x_c - x_a)^2 + (y_c - \delta - y_a)^2}; l'_2 = \sqrt{(x_c - x_b)^2 + (y_c - \delta - y_b)^2} \quad (4)$$

где: δ – смещение оси кольца при деформации под действием гравитационных сил.

Решая систему уравнений (4) относительно координат центра кольца x_c и y_c построим траекторию движения центра кольца.

Рассмотрим вращение кольца с базированием на призматическую опору. Такое базирование детали осуществляется при обработке приставным станком, имеющим плавающий суппорт, который позволяет получить обработанную деталь с большой точностью формы. Расчетная схема изображена на рис. 1, в.

Аналогично с предыдущей задачей нам заданы полуоси кольца a и b , а также углы φ_1 , φ_2 и φ_3 . Начальное положение подвижной системы

В неподвижной системе координат точки А, В и О имеют координаты $(1/2; 0)$; $(1/2; 0)$; $(0; 0)$. Координаты точки $C(x_c; y_c)$ находим, решая систему уравнений, (рис. 2).

координат выбрано так, что направление осей и совпадает с полуосями кольца.

Для исследования вращения деформированного кольца воспользуемся математической моделью, разработанной профессором Пелипенко Н.А.[6] с корректировкой координат расположения точек А, В и С на величины соответствующих деформаций, тогда:

$$x_a = \frac{L_1}{K_A \sqrt{r}} - \delta_{xa} \quad (5)$$

$$y_a = \frac{L_1}{\sqrt{r}} - \delta_{ya} \quad (6)$$

$$x_b = \frac{L_2}{K_B \sqrt{r}} - \delta_{xb} \quad (7)$$

$$y_b = \frac{L_2}{\sqrt{r}} - \delta_{yb} \quad (8)$$

где: K_A и K_B – угловые коэффициенты касательных прямых; δ_x и δ_y – величины деформаций соответствующих точек контура.

Координаты центра кольца также могут быть определены с учетом смещения его при

деформировании на величины δ_x и δ_y .

Для оптимизации процесса обработки колец разработаем математическую модель движения центра кольца. Перед построением модели процесса необходимо описать исходный контур кольца и определить оптимальный контур после обточки. Исходный контур удобнее задать в форме эллипса, поскольку при сборке полуколец эта форма ближе всего к реальной. За оптимальный контур целесообразно принять окружность, вписанную в эллипс, радиуса равного малой полуоси эллипса.

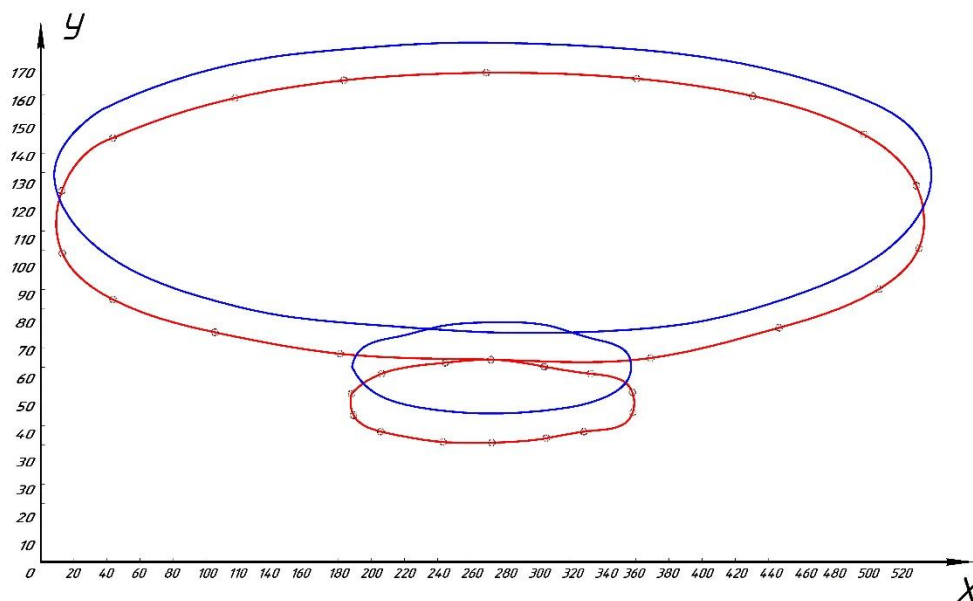


Рис. 2. Траектория перемещения геометрического центра деформируемого кольца

Запишем уравнение эллипса в полярных координатах с центром в точке С (рис. 1)

$$R^2(\tilde{\varphi}) = \frac{b^2}{1 - \varepsilon^2 \cdot \cos \varphi} \quad (9)$$

где: $\varepsilon = 1 - b^2/a^2$ – эксцентриситет эллипса; a – большая полуось эллипса; b – малая полуось эллипса; φ – полярный угол

С учетом деформаций эллипса под действием гравитационных сил уравнение примет вид:

$$R^2(\varphi) = \frac{b^2}{1 - \varepsilon^2 \cdot \cos^2 \varphi} \pm \delta_\varphi \quad (10)$$

где: δ_φ – деформация под действием гравитационных сил текущей точки кольца.

Для определения координат центра кольца (x_c, y_c) составляем исходные уравнения:

$$x_c = r \cdot \cos \alpha + \rho_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad (11)$$

$$y_c = r \cdot \sin \alpha + \rho_1 \cdot \sin \varphi_1 - \delta / \cos \varphi_1 \quad (12)$$

$$r \cdot \sin \alpha + \rho_1 \cdot \sin \varphi_1 = r \cdot \sin \beta + \rho_2 \cdot \sin \varphi_2 \quad (13)$$

$$r \cdot \cos \alpha + \rho_1 \cdot \cos \varphi_1 + r \cdot \cos \beta + \rho_2 \cdot \cos \varphi_2 = l \quad (14)$$

$$\varphi + \tilde{\varphi}_1 + \frac{\pi}{2} - \varphi_1 = 2\pi \quad (15)$$

$$\varphi + \tilde{\varphi}_2 + \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \quad (16)$$

$$\lambda_1 + \frac{\pi}{2} - \alpha + \varphi_1 = \pi \quad (17)$$

$$\lambda_2 + \frac{\pi}{2} + \beta - \varphi_2 = \pi \quad (18)$$

где: r – радиус опорного ролика; α и β – углы между осью ОХ и радиусом опорных роликов с контуром роликов; φ – угол между вертикалью и полярной осью; $\rho_1 = CA$ – полярный радиус, проведенный в точку А; $\rho_2 = CB$ – полярный радиус, проведенный в точку В; δ – смещение

центра кольца при деформации; λ_1 и λ_2 – углы между общей касательной в точках А и В и полярными радиусами ρ_1 и ρ_2 .

Преобразовывая уравнения определим предварительно углы $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2$ и их тригонометрические функции

$$\cos \tilde{\varphi}_1 = \cos \left[\frac{3\pi}{2} - (\varphi - \varphi_1) \right] = -\sin(\varphi - \varphi_1) \quad (19)$$

$$\cos \tilde{\varphi}_2 = \cos \left[\frac{\pi}{2} - (\varphi + \varphi_2) \right] = \sin(\varphi + \varphi_2) \quad (20)$$

$$\operatorname{ctg} \lambda_1 = \operatorname{ctg} \left[\frac{\pi}{2} + (\alpha - \varphi_1) \right] = -\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_1) \quad (21)$$

$$\operatorname{ctg} \lambda_2 = \operatorname{ctg} \left[\frac{\pi}{2} + (\varphi_2 - \beta) \right] = \operatorname{tg}(\beta - \varphi_2) \quad (22)$$

Теперь с учетом (19) и (20) можем рассчитать

$$\rho_1^2 = \frac{b^2}{1 - \varepsilon^2 \cdot \sin^2(\varphi - \varphi_1)} - \delta_\varphi \quad (23)$$

$$\rho_2^2 = \frac{b^2}{1 - \varepsilon^2 \cdot \sin^2(\varphi + \varphi_2)} - \delta_\varphi \quad (24)$$

Дифференцируя уравнения также учитывая, что

$$\sin 2\tilde{\varphi}_1 = \sin 2(\varphi - \varphi_1) \quad (25)$$

$$\sin 2\tilde{\varphi}_2 = \sin 2(\varphi + \varphi_2) \quad (26)$$

$$\operatorname{ctg} \lambda_1 = -\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_1) \quad (27)$$

$$\operatorname{ctg} \lambda_2 = \operatorname{tg}(\beta - \varphi_2) \quad (28)$$

получим:

$$\frac{\rho_1^2 \cdot \varepsilon^2}{2 \cdot b^2} \cdot \sin 2(\varphi - \varphi_1) - \delta_\varphi = -\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_1) \quad (29)$$

$$-\frac{\rho_1^2 \cdot \varepsilon^2}{2 \cdot b^2} \cdot \sin 2(\varphi + \varphi_2) - \delta_\varphi = \operatorname{tg}(\beta - \varphi_2) \quad (30)$$

откуда:

$$\alpha = \varphi_1 - \arctg \left[\frac{\varepsilon^2 \cdot \sin^2 \cdot (\varphi_1 - \varphi)}{2 \cdot (1 - \varepsilon^2 \cdot \sin^2 \cdot (\varphi_1 - \varphi))} - \delta_\varphi \right] \quad (31)$$

$$\beta = \varphi_2 - \arctg \left[\frac{\varepsilon^2 \cdot \sin^2 \cdot (\varphi_2 + \varphi)}{2 \cdot (1 - \varepsilon^2 \cdot \sin^2 \cdot (\varphi_2 + \varphi))} - \delta_\varphi \right] \quad (32)$$

Таким образом, уравнения (1-7) сведены к двум нелинейным трансцендентным уравнениям

(31 – 32). После решения этих уравнений определение координат центра кольца и биений контура не представляет особой сложности.

Однако, решение уравнений (31–32) обычными методами весьма трудоемко. Практическая их реализация возможна только на ЭВМ.

Были приняты следующие входные факторы:

– большая полуось эллипса, $a=3065, 3100, 3200$ мм;

– малая полуось эллипса, $b=3050$ мм;

– радиус опорного ролика, $r=900$ мм;

– расстояние между центрами роликов, $L=3950$ мм;

– шаг по углу поворота полярной оси, $\Delta\varphi=1^\circ-10^\circ$;

– угол установки резца, $Q=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 180^\circ$.

Траектории геометрического центра кольца, полученные в результате реализации этой программы, представлены на рис. 2. Овалы соответствуют различным значениям большой полуоси эллипса 3200, 3100, 3065 мм (малая полуось принята равной 3050 мм). Зная траекторию центра кольца можно определить биение точек, его контура при различных углах установки резца, а также построение управляющей функции при нестационарной обработке поверхности.

Для определения биений поступаем следующим образом. Строим угол установки резца, проводя из точки С луч под углом Q (рис.3) к вертикали. На этом луче и должен быть установлен резец. Для наглядности процесса биений резец удобнее установить в точке, соответствующей максимальному отклонению контура вписанной окружности на этом луче.

При таком расположении резца биения точек контура кольца будут меняться от 0 до некоторого максимального значения.

Обозначим: Rb – СВ расстояние от точки С до точки контура кольца на луче СВ; $BB=CO$; $RR=CR$ расстояние от точки С до резца, малая полуось эллипса, равная радиусу вписанной окружности.

Процесс резания заканчивается, когда кольцо примет форму окружности радиуса $CO=BB$.

Биение контура кольца относительно резца будем определять величиной

$$RE=RB-RR \quad (33)$$

При положительных значениях RE резец расположен внутри контура кольца (резание); при отрицательных – вне контура (отсутствие резания).

Введем:

$$PR = RB - BB \quad (34)$$

где: PR - превышение точек кольца над точками вписанной окружности (на луче СВ)

$$OS = RB - BB \quad (35)$$

где: OS – «остаток» – расстояние от резца до контура вписанной окружности.

При положительных значениях OS резец не достиг вписанной окружности, при OS=0 - резец на контуре окружности, при отрицательных – он внедрен в окружность. Последнее недопустимо.

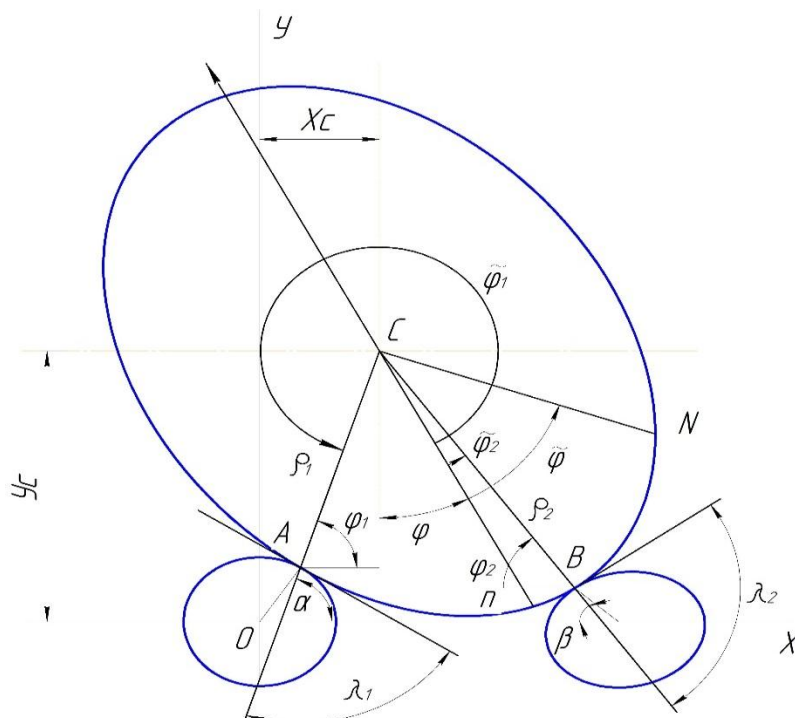


Рис. 3. Определение мгновенной глубины резания

Знание Re, PR, OS помогут оптимизировать процесс резания и установить управляющие параметры.

Необходимо решить две наиболее важные задачи:

1. Возможна ли обработка кольца при стационарном положении резца. И если возможна, то при каких значениях угла Q установки резца.

Важность этого вопроса очевидна. Обработка при стационарном положении резца не требует разработки станков с ЧПУ.

2. Если первая задача не решается, то по значениям RE, PR, OS необходимо установить параметры управления резцом при любых значениях угла.

Определим координаты резца, а также значения RR, RS (рис.1)

$$xR = xC - BB \cdot \sin Q \quad (36)$$

$$yR = yC + BB \cdot \cos Q \quad (37)$$

$$RB = \frac{BB}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \cdot \cos^2 \tilde{\varphi}}} \quad (38)$$

где: $\tilde{\varphi} = 180^\circ + Q - \varphi$

$$RR = \sqrt{(xC - xR)^2 + (yR - yC)^2} \quad (39)$$

Следует оговориться, что значение угла $\tilde{\varphi}$, вычисляемое как разность $(Q - \varphi)$ справедливо лишь тогда, когда точка C в системе отсчета XOY неподвижна.

В действительности при вращении кольца точка C описывает овал и поэтому $\tilde{\varphi} \neq Q - \varphi$. Но вследствие очень большой разницы между полуосями овала и кольца, точное значение угла $\tilde{\varphi}$ и вычисляемое как разность $Q - \varphi$ отличаются незначительно. Так, при $b=3065$ мм максимальная разница в углах составляет $0,3^\circ$, а при $b=3200$ мм она не достигает 3° . Учитывая также, что наше желание установить резец в положении, соответствующем максимальному отклонению вписанной окружности на луче СВ не является обязательным, разницей в значениях углов $\tilde{\varphi}$ пренебрегаем и будем считать, что $\tilde{\varphi} \neq Q - \varphi$. Последнее позволяет значительно упростить расчеты и программу на ЭВМ. В табл. 1 приведены положения луча СВ и соответствующее ему значение углов $\tilde{\varphi}; Q; \varphi$, а также координаты xR, yR , которые являются исходными для расчета на ЭВМ.

Таблица 1

Геометрические параметры перемещений точек кольца

№/№	1	2	3	4	5	6	7
a = 3065 мм							
1	0	0	0	1974,6	3551,0	1974,9	6601,0
2	30	20	10	1893,3	3540,5	368,3	6181,8
3	60	40	20	1846,9	3515,0	-794,4	5040,0
4	90	50	40	1845,6	3499,5	-1204,4	3499,5
5	120	60	60	1860,4	3484,6	-780,2	1959,6
6	180	90	90	1974,5	3462,0	1974,5	412,0
a = 3100 мм							
1	0	0	0	1975,4	3463,9	1975,4	6513,9
2	30	20	10	1947,5	3460,6	422,5	6101,9
3	60	40	20	1932,8	3451,9	-708,5	4976,9
4	90	50	40	1932,1	3447,2	-1117,9	3447,2
5	120	60	60	1937,3	3442,3	-704,0	1917,3
6	180	90	90	1974,5	3435,2	1974,5	385,2
a = 3200 мм							
1	0	0	0	1975,4	3433,9	1974,9	6483,9
2	30	20	10	1966,3	3433,0	441,3	6074,3
3	60	40	20	1961,8	3430,5	-679,5	4955,5
4	90	50	40	1962,2	3428,7	-1087,8	3428,7
5	120	60	60	1963,5	3427,4	-677,8	1902,4
6	180	90	90	1975,2	3425,0	1975,2	375,0

На основе данных расчета построены графики изменения PR и RE при различных значениях угла установки инструмента Q, и большой полуоси эллипса AB.

На рис. 4 представлены графики изменения PR и RE при различных значениях угла, соответствующих большой полуоси AB=3065 мм в зависимости от угла поворота кольца φ . Пределы изменения угла φ приняты равными 0 - 180°. Строить графики для $\varphi = 180 - 360^\circ$ нет необходимости, так как характер изменения PR и RE полностью повторяется через каждые 180°.

Анализ графиков (рис. 4) показывает, что при стационарном положении резца довести контур кольца до окружности даже в случае, если глубину резания увеличивать за пределы допустимых значений не удастся.

При повороте кольца на угол $\varphi = 0 - 180^\circ$ будет происходить местное резание: при $Q = 0^\circ$ - на участке $\varphi = 127 - 233^\circ$; при $Q = 30^\circ$ - на участке $\varphi = 20 - 107^\circ$; при $Q = 90^\circ$ на участке $\varphi = 40 - 83^\circ$ и т.д. С точки зрения протяженности обработки по периметру кольца и допустимой глубины резания наиболее целесообразны углы установки резца, равные 180° и 0° . Совершенно исключен вариант с $Q = 90^\circ$, при котором участок $\varphi = 40 - 83^\circ$ является наименьшим из всех, представленных на рисунке 4, а резание будет происходить там, где имеет относительно небольшие значения. В зоне же наибольших значений резания не будет.

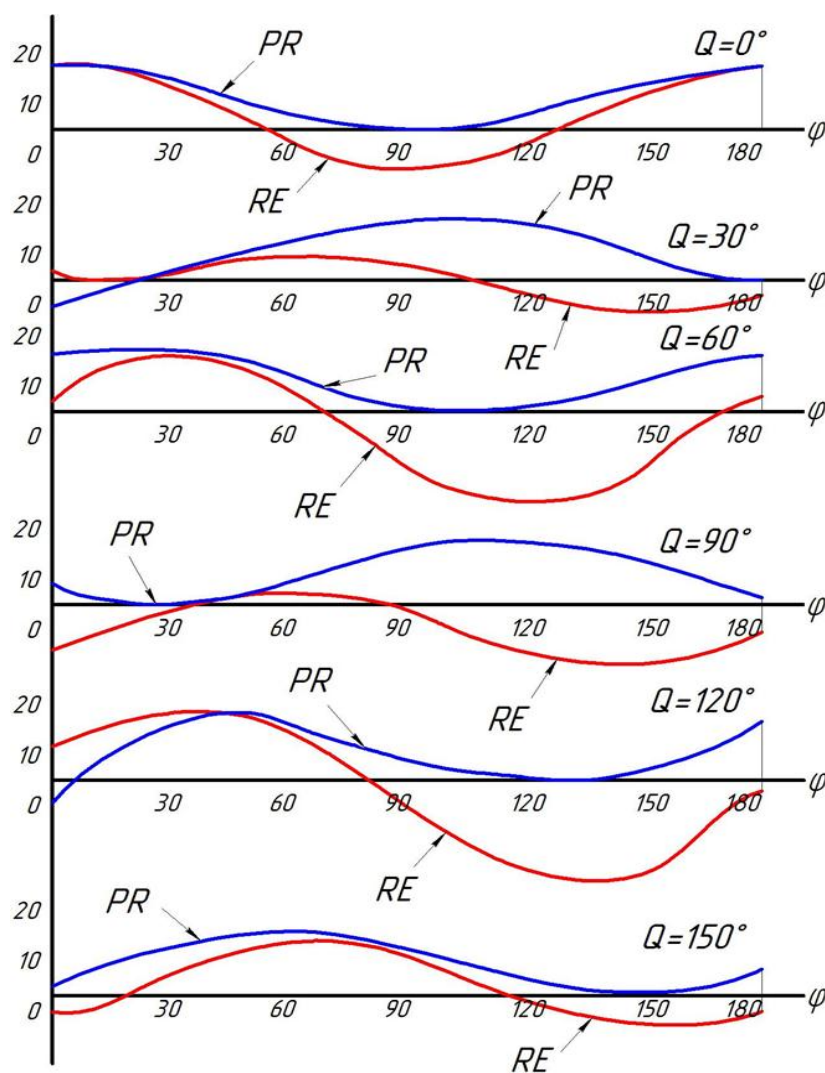


Рис. 4. Графики изменения глубины резания

С точки зрения технологических и конструктивных соображений привлекает внимание график с $Q = 120^\circ$, на котором зона резания совпадает с зоной максимальных значений PR, а протяженность обработки достаточно велика.

И тем не менее, как отмечалось выше, нет таких значений Q , при которых возможна обточка кольца без управления инструментом. Местные врезания резца в контур кольца будут увеличиваться с ростом большой полуоси эллипса. Таким образом, для доведения контура бандажа до окружности необходимо управлять инструментом. Те же графики позволяют выбрать управляющие параметры. Ординаты кривой PR - это и есть те значения радиальных перемещений, которые надо сообщить резцу для доведения контура до окружности. Зная радиальные перемещения легко получить перемещение резца вдоль координатных осей.

Приведенные значения перемещений точек кольца позволяет повысить точность обработки крупногабаритных колец с применением управляемого резания

Выводы. Приведенные исследования позволяют повысить качество опорных узлов крупногабаритных вращающихся агрегатов, за счет повышения точности механической обработки функциональных поверхностей с учетом таких факторов, как упругие деформации изделия и смещения в пространстве оси вращения. Задача повышения точности наружных цилиндрических поверхностей опорных узлов является особенно актуальной при монтаже и ремонтной обработке переносными станочными модулями на предприятиях горнорудной и строительной индустрии

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пелипенко Н.А. Технология безрамной обработки бандажей и роликов вращающихся печей. // Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и промышленности строительных материалов // Сб. науч. трудов Моск. инж.-стр. институт им. В.В. Куйбышева. 1982. С. 199–206.

2. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978. 591 с.
3. Прохоров А.Ф., Зайцев В.М. Чистовое шлифование на бесцентровых станках с широкими кругами. // Технология производства, научная организация труда и управления. 1974. №5. С. 39–42.
4. Прохоров А.Ф., Зайцев В.М., Чарный Р.И. Световые дефекты поверхности сквозного бесцентрового шлифования. // Технология производства, научная организация труда и управления. 1974. №7. С. 26–29.
5. Прохоров А.Ф., Константинов К.Н., Волков Л.П. Наладка и эксплуатация бесцентровых шлифовальных станков. М.: Машиностроение, 1970. 192 с.
6. Пелипенко Н.А. Научные основы безрамной технологии. МВССО СССР, МПСМ СССР, БТИСМ, Белгородский обком КПСС. Девятые научные чтения. Тезисы докладов. 1987. С. 108–109.
7. Сумской А.М., Дуганов В.Я. Способ выверки оси вращающейся печи // Электронный ресурс. Материалы Международной науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2016.
8. А.С. № 1630140. Способ бесцентровой обработки крупногабаритных колец / Пелипенко Н.А., Дуганов В.Я. / Оpubл. в 1990.
9. Дуганов В.Я. Станок для обработки вкладышей крупногабаритных подшипников скольжения: пат. 132012 Рос. федерация: МПК7 B23D 1/20, B23D 9/00 / Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. и др; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородский гос-й технологический ун-т им. В.Г. Шухова. - № 2013100863/02; заяв. 09.01.13; опубл. 10.09.2013 Бюл. №25
10. Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. Определение деформации кольца, установленного на опорных роликах под действием гравитационных сил // Ремонт восстановление и модернизация. 2012. №3. С. 25–27.
11. Shrubchenko I.V., Hurtasenko A.V., Voronkova M.N., Murygina L.V., Optimization of cutting conditions for the processing of bandages of rotary cement kilns at a special stand. World Applied Sciences Journal. 2014. T. 31. № 9. С. 1593–1600.
12. Банит Ф.Г., Несвижский О.А. Механическое оборудование цементных заводов. М.: Машиностроение. 1975. 317 с.
13. Спиридонов. А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.
14. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 230 с.
15. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия. 1974. 264 с.

Duganov V.J., Sumskoy A.M.

DETERMINATION PATH OF MOVEMENT CENTER OF THE RING DURING CENTERLESS MACHINING

In the given work, present the study of factors depending on elastic deformation of the products and the shift of its axis of rotation in the space, on the accuracy of centerless processing of large products. It allows increasing the quality of support assemblies of large rotating devices, by enhancing machining precision of the functional surfaces. What becomes very important during mounting and of the repairs machine by portable modules in the mining and construction industries.

Key words: *resilient deformation, nonstationary rotational axis, centerless machining of large products.*

Дуганов Владимир Яковлевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: dvybgtu@mail.ru

Сумской Александр Михайлович, аспирант кафедры технология машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: sumskoiAM@yandex.ru

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Юрченко А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЧАСТИЦ ИСТИРАНИЕМ В ЗОНЕ УСТАНОВКИ БРОНЕПЛИТ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

chentsov.1995@mail.ru

В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить величину конечных размеров частиц материала в зоне действия бронеплит классифицирующего устройства в камере помола дезинтегратора. Определены основные параметры, оказывающие влияние на процесс истирания частиц материала в зоне действия бронеплит.

Ключевые слова: дезинтегратор, бронеплита, классифицирующее устройство.

Дезинтеграторы являются одним из видов оборудования, обеспечивающего продукт помола с заданным гранулометрическим составом [1]. Одним из недостатков дезинтеграторов являются недостаточные истирающие нагрузки на материал в периферийной зоне камеры помола.

В связи с этим нами была создана конструкция дезинтегратора (рис. 1), который включает корпус 1, разгрузочный патрубок 2, ударные элементы 3 и вращающееся навстречу внешнему ряду ударных элементов классифицирующее устройство 4 с бронеплитами 5 и перфорированными секциями 6.

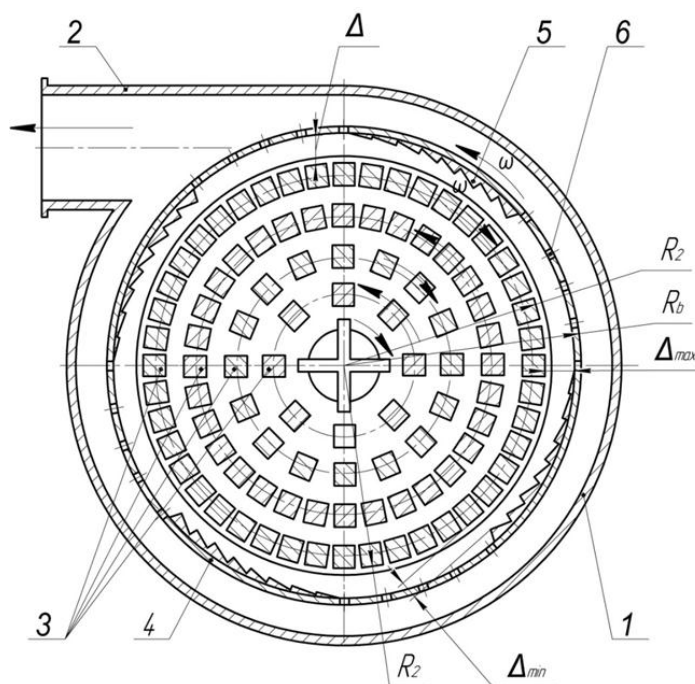


Рис. 1. Схема дезинтегратора с классифицирующим устройством:

1 – корпус; 2 – разгрузочный патрубок; 3 – ударные элементы; 4 – классифицирующее устройство;
5 – бронеплиты; 6 – перфорированная секция

В результате встречного кругового движения двухфазных потоков в зоне установки бронеплит 5 происходит дополнительное измельчение частиц материала. Измельчение материала в рассматриваемой зоне происходит как за счет истирающего разрушения, так и за счет удара частиц материала о бронеплиты 5.

В данной статье рассмотрим измельчение материала за счет истирающего разрушения в зазоре между внешним рядом ударных элемен-

тов 3 и бронеплитами 5 классифицирующего устройства 4. Математическое описание истирающего разрушения в рассматриваемой зоне можно провести на основе неоднородного Марковского процесса [2]. Следуя результату работы [3] описание изменения размера ξ сферических частиц материала описывается уравнением:

$$\frac{d\xi}{dt} = -\alpha_2 \beta \omega \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) \xi, \quad (1)$$

где α_2 – коэффициент истирания; β – доля частиц материала, которые участвуют в зоне активного взаимного трения частиц друг о друга; ω – частота вращения роторов; t_0 – время активного трения частиц друг о друга.

Согласно определению коэффициента истирания имеем:

$$\alpha_2 = \frac{d_n - d_k}{l_x} \quad (2)$$

где d_n – начальный размер частицы, выходящей из внешнего ряда ударных элементов; l_x – длина пути частиц материала, на котором происходит активное трение частиц друг о друга. Величина данного пути равна:

$$l_x = \pi(R_2 + n \cdot \Delta). \quad (3)$$

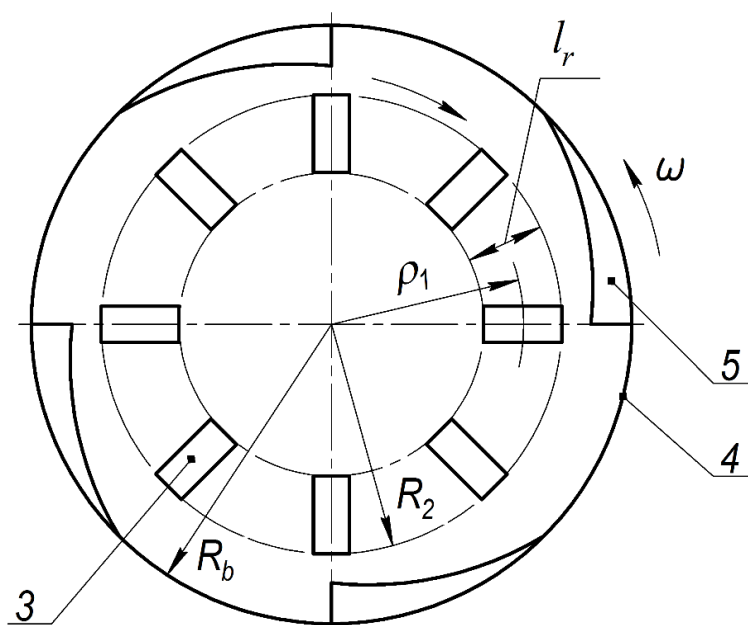


Рис. 2. Схема расположения бронеплит 5 в классифицирующем устройстве 4 дезинтегратора

Если через d_k обозначить конечный размер частиц материала в зоне воздействия бронеплит, тогда

$$\Delta d = d_n - d_k \quad (5)$$

С учетом (5) соотношение (4) принимает вид:

$$d_n - d_k = \frac{\sigma}{E} \cdot d_n \quad (6)$$

На основании конструкции классифицирующего устройства с бронеплитами, представленном на рис. 2, величина t_0 равна:

$$t_0 = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega}, \quad (7)$$

где T – время полного оборота ротора.

Подстановка (3) и (6) в (2) приводит к следующему результату:

Здесь $n = 1, 2, 3, 4$ – число элементов бронеплиты классифицирующего устройства;

R_2 – радиус внешнего ряда ударных элементов; Δ – величина зазора между радиусом внешнего ряда ударных элементов и бронеплитами классифицирующего устройства.

Согласно расчетной схеме, представленной на рис. 2, параметр $\beta = 1/2$.

На основании закона Гука имеем:

$$\frac{\Delta d}{d_n} = \frac{\sigma}{E}, \quad (4)$$

где E – модуль Юнга; σ – величина напряжения, действующая на частицу материала; Δd – изменение размера частицы материала.

$$\alpha_2 = - \frac{\sigma \cdot d_n \cdot \omega}{E \cdot \pi (R_2 + n \cdot \Delta)}. \quad (8)$$

С учетом (8) уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{d\xi}{dt} = - \frac{\sigma \cdot d_n \cdot \omega}{2\pi (R_2 + n \cdot \Delta) \cdot E} \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) \xi. \quad (9)$$

С математической точки зрения (9) представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными [4]. Разделение переменных приводит к следующему результату:

$$\frac{d\xi}{\xi} = - \frac{\sigma \cdot d_n \cdot \omega}{2\pi E (R_2 + n \cdot \Delta)} \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) dt. \quad (10)$$

Интегрирование (10) в определенных пределах дает:

$$\int_{d_n}^{d_k} \frac{d\xi}{\xi} = - \frac{\sigma \cdot d_n \cdot \omega}{2\pi \cdot E \cdot (R_2 + n \cdot \Delta)} \int_0^{t_0} \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) dt. \quad (11)$$

Вычисление интегралов в (11) приводит к соотношению следующего вида:

$$\ln \frac{d_k}{d_n} = - \frac{6 \cdot d_n \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot E(R_2 + n \cdot \Delta)} \cdot \frac{t_0}{2}. \quad (12)$$

С учетом (7) (12) принимает вид:

$$\ln \frac{d_k}{d_n} = - \frac{6 \cdot d_n}{4E(R_2 + n \cdot \Delta)}. \quad (13)$$

Потенцирование выражения (13) позволяет получить:

$$d_k = d_n \cdot \exp\left(-\frac{6 \cdot d_n}{4E(R_2 + n \cdot \Delta)}\right). \quad (14)$$

Таким образом, полученное соотношение (14) определяет конечные размеры частиц материала в зоне бронеплит классифицирующего

устройства, где происходит активное истирание частиц друг о друга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикатных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Булинский А.В., Ширяев А.Н. Теория случайных процессов. М.: Физматлит, 2005. 408с.
3. Поздняков С.С. Пневмоструйная противочная мельница для избирательного измельчения и обогащения: дис. канд. техн. наук. Белгород: Изд-во БГТУ. 2007. 184 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: АСТ: Астрель, 2006. 991с.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Yurchenko A.S.

DIVIDED PARTICLES ABRASION ZONE SETTING DEVICE ARMOR PLATES ARE CLASSIFIED DISINTEGRATOR

This article an analytical expression that allows to determine the magnitude of the initial particle size of the material sent for additional impact from the armor plating of the classifying device in the chamber of the cage grinding mill. The main parameters that influence the process of abrasion of the material particles in the action zone of armor plates.

Key words: *disintegrator, armored plate, the classifying device.*

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: chentsov.1995@mail.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат математических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Юрченко Александр Сергеевич, аспирант.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Федоренко Б.З., канд. физ.-мат. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УПРУГИЕ ОТРАЖЕНИЯ И РАССЕЯНИЕ БОМБАРДИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛА

bz9393@mail.ru

Наиболее эффективным способом модификации поверхности материала для обеспечения требуемых свойств изделия (антикоррозионных, износостойких и др.) является нанесение тонкопленочных покрытий, например, вакуумных ионно-плазменных покрытий. Свойства покрытия определяются свойствами материалов покрытия и подложки (материала, на который наносится покрытие). Стабильность покрытий во времени определяется, наряду с другими факторами, совместимостью материалов покрытия и подложки по физическим, кристаллохимическим, химическим и другим свойствам. В связи с этим возникает необходимость исследования физических свойств материалов, в особенности, в приповерхностных областях. В настоящей работе исследуются упругие отражения и рассеяние бомбардирующих электронов в приповерхностных слоях кристалла в классической постановке.

Ключевые слова: упругие отражения и рассеяние бомбардирующих электронов атомами в приповерхностных слоях кристалла, эксперимент Дэвиссона-Джермера, электронные волны де Бройля, дифракция.

Введение. Развитие материаловедения к настоящему времени пришло к пониманию, что дальнейший прогресс возможен при использовании композиционных материалов, объединяющих лучшие свойства различных элементов и их соединений. К этому направлению относятся и применение тонкопленочных покрытий, например, вакуумных ионно-плазменных покрытий [1–3]. В этой области открывается широкое поле для исследований, поскольку получение гибридных материалов связано с рядом проблем, таких как деградация системы покрытие-подложка, стабильность покрытий во времени, совместимость свойств материалов покрытия и подложки и др.

Возникает необходимость исследования физических, кристаллохимических и химических свойств материалов, в особенности, в приповерхностных областях. Исследованию физических свойств поверхности кристаллических тел посвящена, например, работа [4]. В ней рассмотрены теоретические аспекты дифракции медленных электронов поверхностью металлов, полупроводников и изоляторов.

В настоящей статье в классической постановке рассматриваются вопросы, связанные с упругим отражением бомбардирующих электронов атомами и их рассеянием в приповерхностной области кристалла. Особенность рассеяния бомбардирующих электронов объясняется моделью рассеяния электронов и расположением атомов в приповерхностных слоях кристалла. Классическая модель отражения и рассеяния бомбардирующих электронов сравнивается с моделью дифракции электронных волн.

Электронные волны де Бройля и их дифракция по данным эксперимента Дэвиссона-Джермера. Считается, что существование электронных волн де Бройля, их дифракция и интерференция были установлены в эксперименте Дэвиссона-Джермера [5–7]. В эксперименте Дэвиссона-Джермера использовался монокристалл никеля с кубической гранцентрированной структурой, сошлифованный вдоль плоскости (111). Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Пучок электронов, испускаемых электронной пушкой в вакууме, направлялся перпендикулярно к поверхности (111). Для улавливания рассеянных электронов применялся двойной цилиндр Фарадея. Для исключения неупруго рассеянных электронов, потерявших энергию при рассеянии, на внешний цилиндр накладывался задерживающий потенциал. В результате приемника могли достигать только электроны, отразившиеся упруго. Исследовалась зависимость количества рассеянных электронов от: 1) угла рассеяния θ ; 2) скорости v электронов в пучке; 3) азимута, то есть угла поворота кристалла вокруг оси, перпендикулярной к рассеивающей плоскости.

Сошлифованная вдоль плоскости (111) поверхность кристалла покрыта правильными рядами атомов, перпендикулярными плоскости падения электронов. На рис. 2 представлен срез кристалла по плоскости (111), на котором наглядно видны описанные выше ряды атомов. Ряды атомов первого слоя, перпендикулярные плоскости рисунка, можно рассматривать как плоскую решетку с постоянной решетки $d=0,215$ нм.

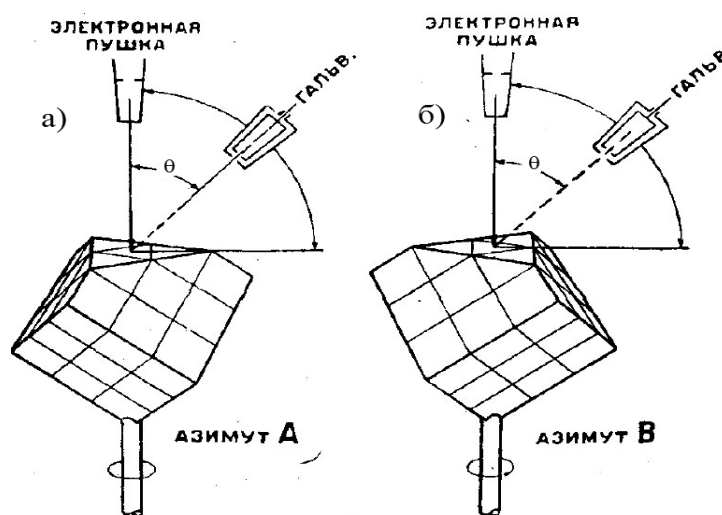


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

а) расположение кристалла по азимуту А; б) расположение кристалла по азимуту В;
 θ – угол упругого отражения бомбардирующих электронов

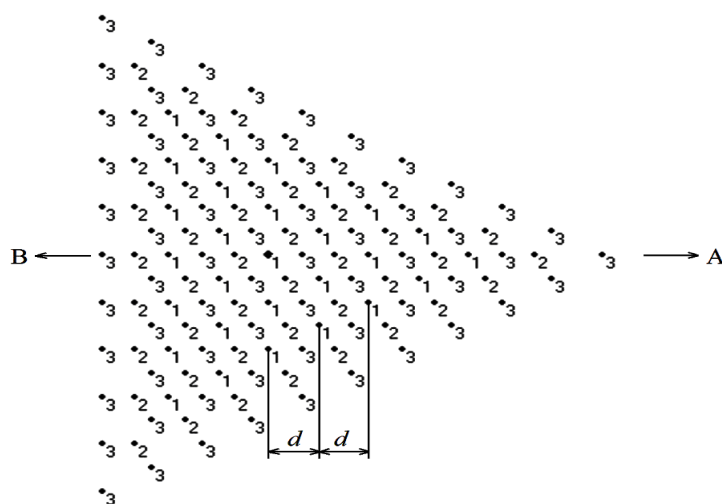


Рис. 2. Приповерхностная область кристалла никеля – первые три видимые слоя кристалла при срезе по плоскости (111): цифры 1, 2, 3 означают узлы решетки 1-го, 2-го и 3-го слоев кристалла; А, В – азимуты упруго отраженных электронов

На рис. 3 приведены полярные диаграммы, показывающие зависимость числа упруго отраженных электронов от угла рассеяния θ и ускоряющего потенциала V при положении кристалла, изображенном на рис. 1 а) (азимут А упруго отраженных электронов). При величине угла

$\theta=50^\circ$ и различных ускоряющих потенциалах наблюдался рост максимума интенсивности упруго отраженных электронов до ускоряющего потенциала $V=54$ В и уменьшение интенсивности при дальнейшем росте ускоряющего потенциала.

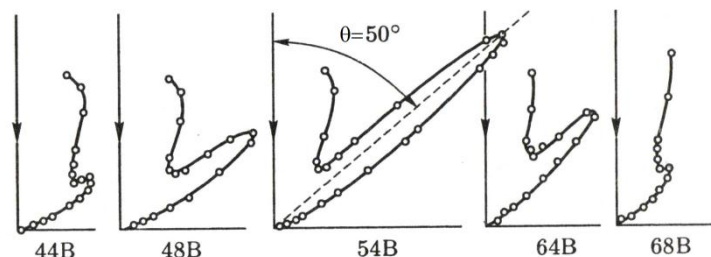


Рис. 3. Экспериментальные данные по интенсивности упруго отраженных электронов по азимуту А при угле отражения $\theta=50^\circ$ и различных ускоряющих потенциалах V

В эксперименте производились также измерения числа упруго отраженных электронов при постоянном угле θ , но при различных азимутах кристалла, то есть кристалл мог поворачиваться вокруг оси, перпендикулярной к сошлифован-

ной плоскости (111). Результаты таких измерений представлены на рис. 4 для углов $\theta=50^\circ$ и $\theta=44^\circ$ и соответствующих им ускоряющих потенциалов 54 В и 65 В.

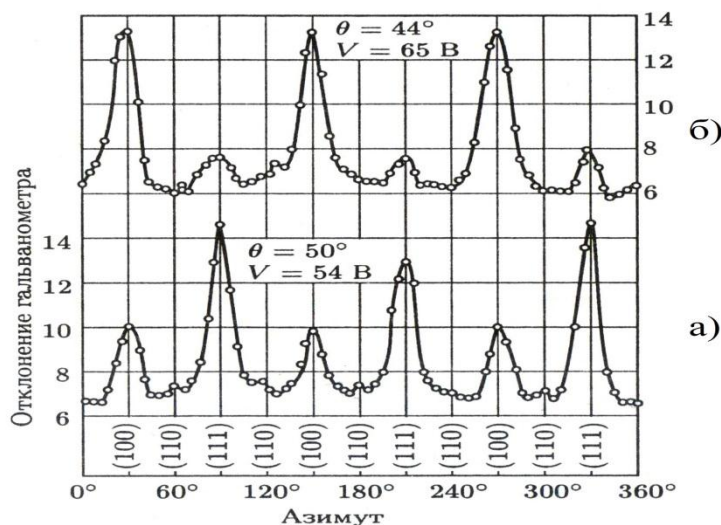


Рис. 4. Экспериментальные данные по интенсивности

упругого отражения электронов в зависимости от азимута:

- а) $\theta=50^\circ$, $V=54$ В; азимут A (углы азимута $A - 90^\circ, 210^\circ, 330^\circ$); азимут B (углы азимута $B - 270^\circ, 30^\circ, 150^\circ$);
 б) $\theta=44^\circ$, $V=65$ В; азимут B (углы азимута $B - 30^\circ, 150^\circ, 270^\circ$), азимут A (углы азимута $A - 210^\circ, 330^\circ, 90^\circ$)

При повороте кристалла на 360° кривые трижды повторяются. Это связано с тем, что перпендикуляр к отражающей плоскости (111) является поворотной осью кристалла третьего порядка.

В соответствии с квантовомеханическими представлениями [8, 9] движение электрона с массой m и импульсом $p = mv$ описывается плоской монохроматической волной де Бройля, длина которой определяется соотношением

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}, \quad (1)$$

где h – постоянная Планка. В ускоряющем электрическом поле кинетическая энергия медленного (нерелятивистского) электрона с зарядом e равна приобретенной им энергии eV , где V – пройденная разность потенциалов. Следовательно,

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}, \quad (2)$$

и длина волны де Бройля равна

$$\lambda \approx \frac{1,226}{\sqrt{V}}, \quad (3)$$

где v представлена в см/с, λ – в нм, V – в вольтах.

Максимум интенсивности упруго отраженных электронов при азимуте A , $\theta=50^\circ$, $V=54$ В (см. рис. 3 и 4 а)) истолковывается как дифрак-

ционный максимум первого порядка волн де Бройля (обусловленный интерференцией) от плоской дифракционной решетки (с постоянной решетки d), описываемых уравнением

$$\lambda = d \sin \theta. \quad (4)$$

При $d = 0,215$ нм, длине волны де Бройля

$$\lambda = \frac{1,226}{\sqrt{V}} = \frac{1,226}{\sqrt{54}} = 0,167 \text{ нм}$$

значение угла θ получается равным примерно 51° , что хорошо согласуется с экспериментальными данными: $\theta = 50^\circ$.

Максимум интенсивности рассеянных электронов при азимуте B , $\theta = 44^\circ$, $V = 65$ В (см. рис. 4 б)) также истолковывается как дифракционный максимум первого порядка электронных волн де Бройля от плоской дифракционной решетки: при $d = 0,215$ нм, длине волны де Бройля

$$\lambda = \frac{1,226}{\sqrt{V}} = \frac{1,226}{\sqrt{65}} = 0,152 \text{ нм}$$

угол отражения получается равным $\theta = 45^\circ$, что хорошо согласуется с экспериментальными данными: $\theta = 44^\circ$.

Совпадение экспериментальных данных с расчетными данными по дифракции волн де Бройля настолько разительно, что эксперимент Девиссона-Джермера был признан блестящим подтверждением идеи де Бройля о волновых свойствах электронов [10].

Классическая интерпретация эксперимента Девиссона-Джермера. Дифракция волн от плоской дифракционной решетки объясняется следующим образом. При вертикальном падении волны и угле отражения θ связь между

длиной волны λ , постоянной плоской решетки d и углом отражения θ представляется в виде (4) (рис. 5).

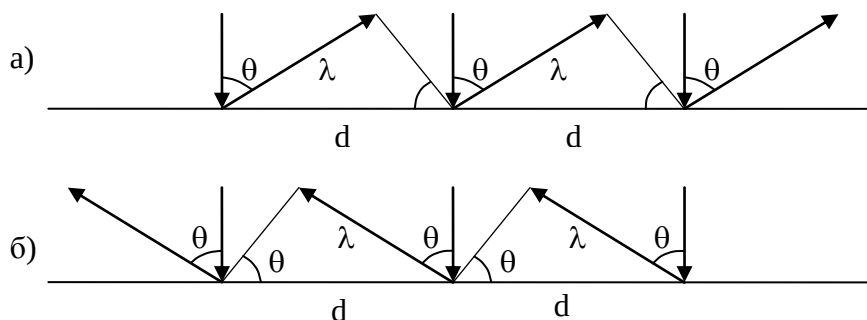


Рис. 5. Симметричная дифракция волн на одинаковых плоских решетках при азимутах A и B : а) отражение по азимуту A ; б) отражение по азимуту B

При угле θ , определяемом уравнением (4), и при отражении волны в азимуте A будет наблюдаться дифракционный максимум первого порядка, обусловленный интерференцией волн, отличающихся на длину волны λ . Дифракционный максимум при отражении волны в азимуте B не изменяется, так как решетка и ее постоянная d остаются неизменными, угол θ не меняется в силу симметрии.

В эксперименте Девиссона-Джермера при переходе от азимута A к азимуту B величина дифракционного максимума меняется (см. рис. 4). Следовательно, в данном случае имеет место не дифракция волн на плоской решетке, а какой-то другой эффект. «Под дифракцией света понимают всякое отклонение от прямолинейного распространения света, если оно не может быть истолковано как результат отражения, прелом-

ления или изгибания световых лучей в средах с непрерывно меняющимся показателем преломления» [11].

Оценка движения электронов в атоме.

Теория дифракции электронов строилась по аналогии с теорией дифракции рентгеновских лучей, однако физическая природа этих явлений существенно различна. В отличие от рентгеновских лучей, которые рассеиваются на электронной плотности атомов, рассеяние электронов, обладающих электрическим зарядом, определяется их взаимодействием с электрическим полем атома, создаваемым как положительно заряженным ядром, так и электронной оболочкой атома.

Движение бомбардирующих электронов в атоме без столкновений с атомными электронами в классическом приближении может быть описано системой уравнений:

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{1}{m} F_x; & x|_{t=0} = x_0; & \dot{x}|_{t=0} = v_0; \\ \ddot{y} = \frac{1}{m} F_y; & y|_{t=0} = -\rho; & \dot{y}|_{t=0} = 0; \end{cases} \quad (5)$$

$$F_x = -\frac{x}{r^3} Ze \left[1 - \left(\frac{Z}{R} \right)^a \right] e; \quad F_y = -\frac{y}{r^3} Ze \left[1 - \left(\frac{Z}{R} \right)^a \right] e;$$

где $r = \sqrt{x^2 + y^2}$; $0 \leq r \leq R$; R – радиус атома (для никеля $R = 0,124$ нм); m , e – масса и заряд электрона; Z – зарядовое число ядра (для никеля $Z = 28$); v_0 – начальная скорость бомбардирующего электрона; ρ – прицельное расстояние; множитель

$$q_a(r) = Ze \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^a \right]; \quad 0 \leq r \leq R \quad (6)$$

описывает центральносимметричное распределение заряда в атоме; a – параметр распределения заряда в атоме.

На рис. 6 в качестве примера приведены результаты расчета траектории электрона в атоме.

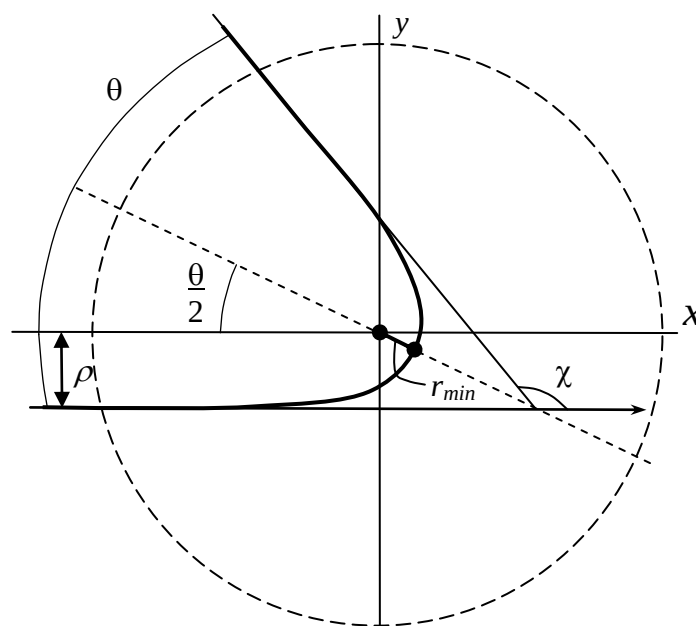


Рис. 6. Траектория бомбардирующего электрона в атоме при $V = 54$ В ($v_0 = 4,3576 \cdot 10^8$ см/с); $\theta = 50^\circ$; $a = 0,05$; $\rho \approx 0,03165$ нм; $r_{\min} \approx 0,018$ нм ($r_{\min}$ – минимальное расстояние от электрона до ядра); χ – угол рассеяния между асимптотами гиперболической траектории; θ – угол рассеяния между направлениями падающих и отраженных электронов; $\chi = \pi - \theta$

В приведенной таблице представлены результаты расчетов прицельного расстояния ρ в зависимости от ускоряющего потенциала бом-

бардирующих электронов V (или скорости v_0 электронов), угла рассеяния θ и параметра a распределения заряда в атоме никеля.

Таблица

Расчетные значения прицельного расстояния ρ

θ , град	V , В	$v_0 \cdot 10^{-8}$ см/с	ρ , нм		
			$a = 0,01$	$a = 0,05$	$a = 0,15$
50	44	3,9355	0,0116	0,0362	0,06465
	54	4,3576	0,00987	0,03165	0,0586
	68	4,890	0,00818	0,02701	0,0518
44	65	4,780	0,00817	0,02726	–

Замечание: при $\theta = 44^\circ$, $V = 65$ В, $a = 0,02$ величина $\rho = 0,141$ нм.

(В дальнейшем рассеяние бомбардирующего электрона в атоме кулоновскими силами будем называть упругим отражением бомбардирующего электрона атомом, а угол рассеяния θ – углом упругого отражения бомбардирующего электрона атомом.)

Траектория бомбардирующего электрона в атоме (в рассматриваемом случае) однозначно определяется значением параметра a распределения заряда в атоме, начальной скоростью электрона v_0 , прицельным расстоянием ρ и углом отражения электрона θ .

Влияние соседних атомов на движение бомбардирующего электрона в атоме пренебрежимо мало. Взаимное влияние бомбардирующих электронов в соседних атомах пренебрежимо мало. Пренебрежимо мало на движение выбранного электрона и влияние расстояния между атомами в кристалле, в том числе, и влияние величины постоянной плоской решетки d . Это значит, что величины, характеризующие движение бомбардирующего электрона в атоме, связа-

ны, например, зависимостью $\theta = \theta(v, \rho, a)$. Постоянная плоской решетки d к этой зависимости отношения не имеет. Так что связи (1) и (4):

$$\lambda = \frac{h}{mv}, \quad \lambda = d \sin \theta,$$

определяющие электронные волны де Бройля, к отражению электронов от атомов в рассматриваемом случае никакого отношения не имеют.

Анализ данных эксперимента Дэвиссона-Джермера. В эксперименте Дэвиссона-Джермера имеет место упругое отражение бомбардирующих электронов от атомов не в первом слое, а в первых трех слоях кристалла на срезе (111). На рис. 7 приведено расположение атомов в первых трех слоях кристалла и траектории отражаемых от атомов электронов при различных значениях параметра распределения заряда в атоме a в зависимости от азимута отражающих кристаллов при ускоряющем потенциале $V = 54$ В и $\theta = 50^\circ$.

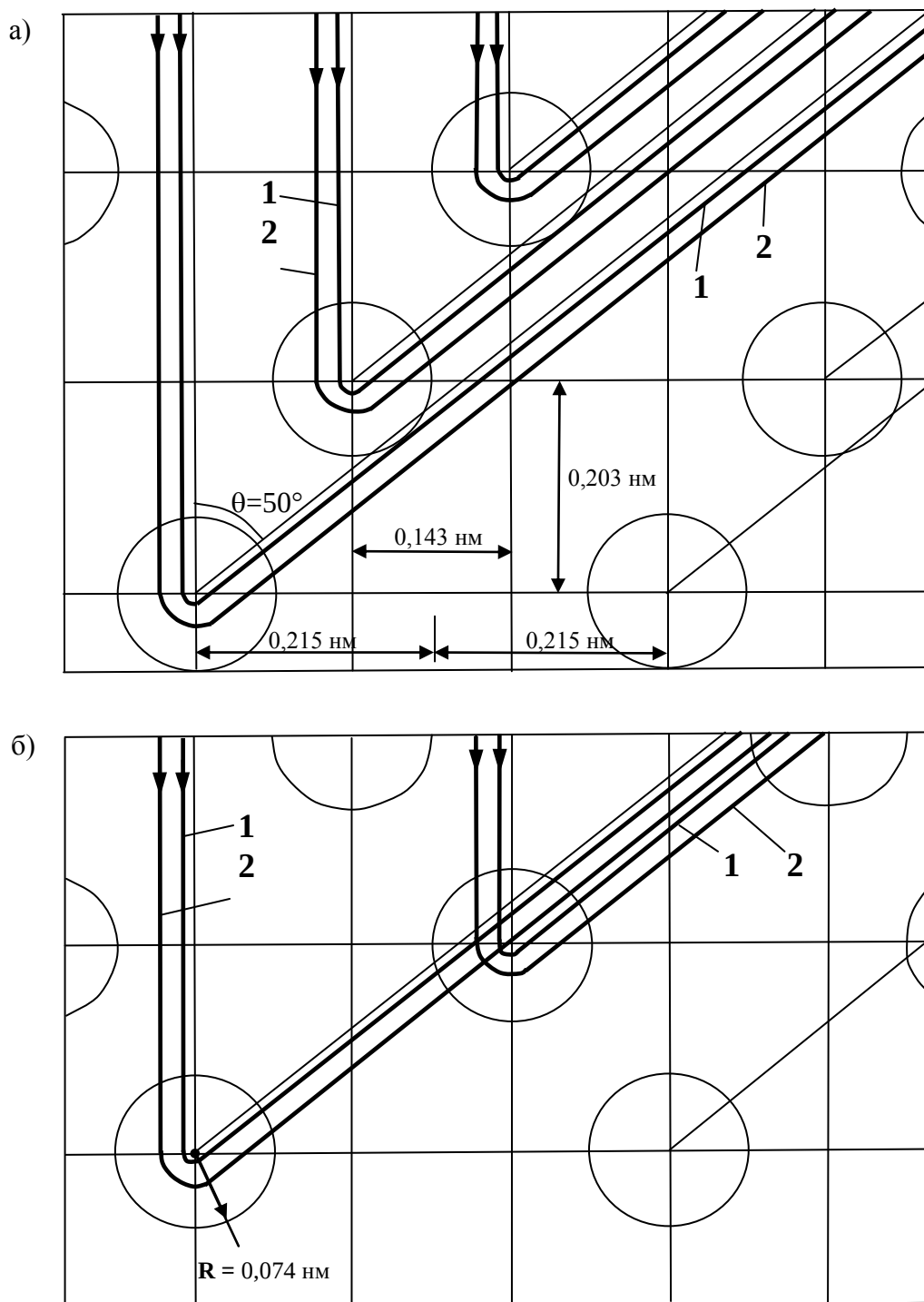


Рис. 7. Расположение атомов в первых трех слоях кристалла и траектории отражаемых от атомов электронов при $\theta = 50^\circ$; $V = 54$ В: а) отражение электронов по азимуту А; б) отражение электронов по азимуту В; 1 – траектории электронов при $a = 0,01$; 2 – траектории электронов при $a = 0,05$

Наглядно видно, что при отражении электронов по азимуту А (рис. 7 а)) затенение электронов, отражаемых от атомов нижележащих слоев, атомами вышележащих слоев меньше, чем затенение электронов, отражаемых от атомов нижележащих слоев, атомами вышележащих слоев по азимуту В (рис. 7 б)). (Большее затенение – это большая вероятность для бомбардирующего электрона рассеяться на ядрах,

атомных и свободных электронов в вышележащих слоях; плотность атомных электронов и вероятность рассеяться на них электронам, отраженным от атомов нижележащих слоев, обратно пропорциональны расстоянию от ядер атомов до траектории электронов, отраженных от атомов нижележащих слоев.) Это приводит к тому, что интенсивность потока («дифракционный максимум») электронов, отраженных по

азимуту A , будет больше, чем интенсивность потока («дифракционный максимум») электронов, отраженных по азимуту B (см. рис. 4 а)).

Наличие «провала» – резкого уменьшения интенсивности отраженных атомами электронов по азимуту A , – в диапазоне углов θ примерно от 23° до 48° с наибольшим уменьшением интенсивности отраженных электронов при $\theta \approx 36^\circ$ (см. рис. 3) объясняется расположением атомов в первых трех приповерхностных слоях (см. рис. 7 а)); оно таково, что при $\theta \approx 36^\circ$ имеет место наибольшее затенение отраженных электронов второго и третьего слоя атомами в вышележащих слоях кристалла. Затенение третьего слоя атомов и отраженных от них электронов начинается также со значений угла $\theta \geq 54^\circ$, а затенение второго слоя атомов и отраженных от них электронов начинается со значений угла $\theta \geq 65^\circ$.

На рис. 8 приведено расположение атомов в первых трех слоях кристалла на срезе (111) и траектории отражаемых от атомов электронов при различных значениях параметра a при ускоряющем потенциале $V = 65$ В и $\theta = 44^\circ$: на рис. 8 а) представлена картина отражения электронов по азимуту B , а на рис. 8 б) – по азимуту A .

Экспериментальные данные показывают (см. рис. 4 б)), что при ускоряющем потенциале $V = 65$ В и угле отражения $\theta = 44^\circ$ в азимуте B имеет место большой «дифракционный максимум», а в азимуте A этот «дифракционный максимум» значительно меньше.

При значении параметра $a = 0,01$ (траектории 1 на рис. 8) затенение электронов, отраженных от атомов нижележащих слоев, атомами вышележащих слоев в случае отражения по азимуту B меньше, чем затенение при отражении по азимуту A . Это и приводит к тому, что интенсивность потока электронов, отраженных по азимуту B , существенно выше интенсивности электронов, отраженных по азимуту A . При значении параметра $a = 0,02$ (траектории 2 на рис. 8) затенение отраженных электронов вышележащими слоями по азимутам A и B становится примерно одинаковым; интенсивность отраженных электронов в азимутах A и B должна выравниваться. При значении параметра $a = 0,05$ (траектории 3 на рис. 8) затенение электронов, отраженных от атомов нижележащих слоев, атомами вышележащих слоев в случае отражения по азимуту B будет больше, чем затенение при отражении по азимуту A . Интенсивность потока электронов, отраженных по азимуту B , будет меньше, чем интенсивность потока электронов, отраженных по азимуту A .

Из вышеизложенного следует, что в экспериментах распределение заряда в атомах соответствует формуле (6) при значении параметра $a \approx 0,01$.

Оценка интенсивности потока электронов, упруго отраженных атомами. Оценка интенсивности потока электронов, упруго отраженных атомами на угол θ , с учетом рассеяния бомбардирующих электронов, получена при следующих предположениях. При бомбардировке тела частицами с некоторого направления вероятность p_1 отсутствия столкновений на конечном пути L движения тела пропорциональна скорости v движения тела: $p_1 \sim v$. Если бомбардирующие частицы могут независимо двигаться по противоположным направлениям, то вероятность отсутствия столкновений с телом на пути L может быть представлена в виде $p_2 \sim v^2$. В общем случае, при бомбардировке тела частицами с трех взаимно перпендикулярных направлений вероятность p_3 отсутствия столкновений частиц с телом на пути L может быть представлена в виде

$$p_3 = C v^6, \quad (7)$$

где C – некоторая постоянная.

Вероятность p_4 длины S свободного пробега тела с учетом вышеизложенного может быть представлена в виде

$$p_4 = \exp(-\beta v^6), \quad (8)$$

где параметр β отражает и плотность рассеивающих частиц, и среднюю длину свободного пробега.

Интенсивность n потока электронов, упруго отраженных атомами приповерхностных слоев кристалла, можно представить с учетом (7) и (8) в виде

$$n = D N I v^6 \exp(-\beta v^6) \Delta\Omega, \quad (9)$$

где $D = C^2$ – некоторая постоянная; N – число атомов в видимых приповерхностных слоях, приходящихся на единицу площади; I – интенсивность бомбардирующих электронов; $\Delta\Omega$ – элемент телесного угла.

Ослабление потока упруго отраженных электронов атомами обусловлено рассеянием бомбардирующих электронов на ядрах атомов, атомных и свободных электронах при движении в кристалле.

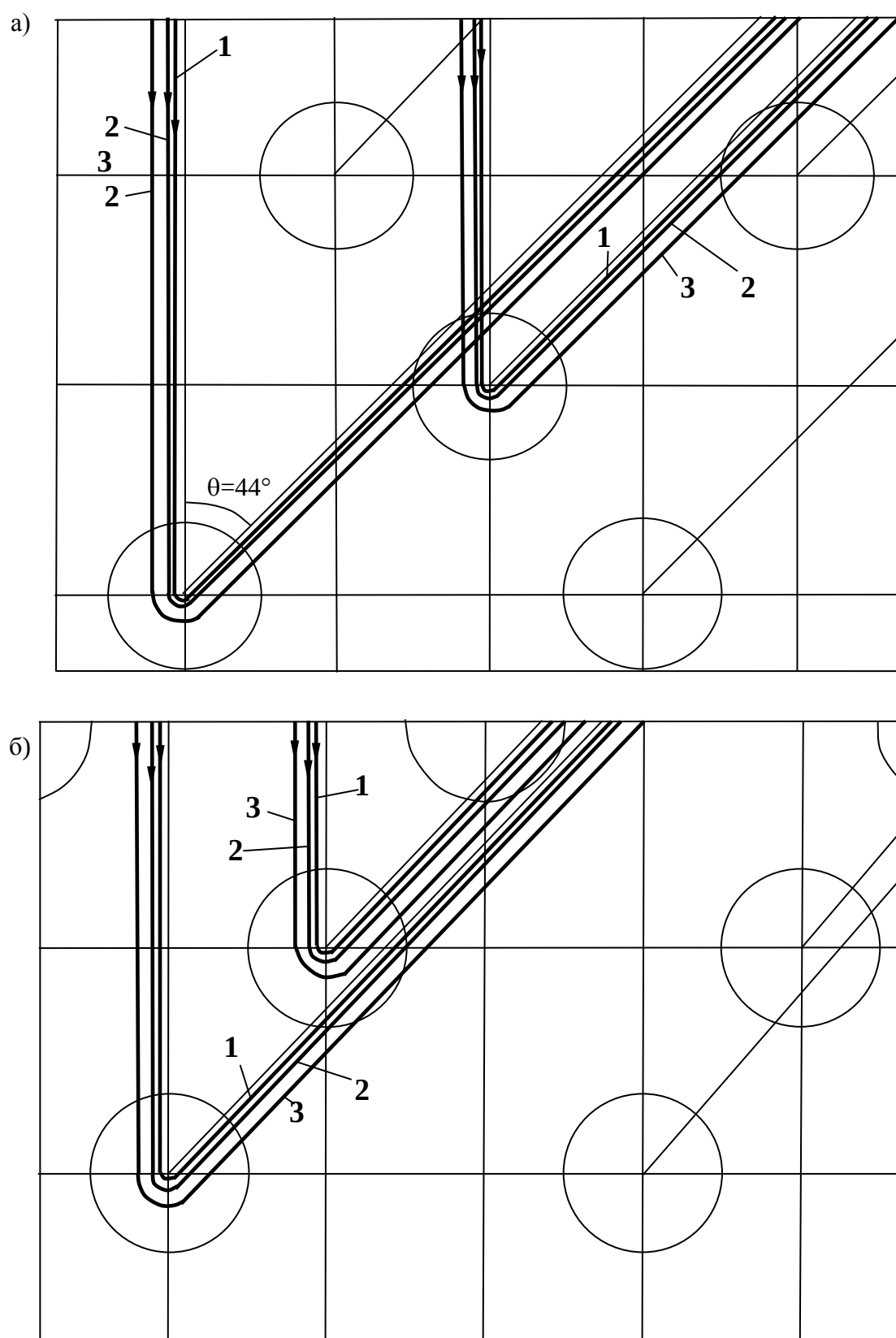


Рис. 8. Расположение атомов в первых трех слоях кристалла и траектории отражаемых от атомов электронов при $\theta = 44^\circ$; $V = 65$ В: а) отражение электронов по азимуту B ; б) отражение электронов по азимуту A ;
 1 – траектории электронов при $a = 0,01$; 2 – траектории электронов при $a = 0,02$;
 3 – траектории электронов при $a = 0,05$

Наличие максимума интенсивности потока электронов, отраженных по азимуту A , при ускоряющем потенциале $V = 54$ В (см. рис. 3) объясняется особенностью формулы (9) для интенсивности упруго отраженных электронов. Интенсивность упруго отраженных электронов

имеет точку локального максимума $v_{\max} = 6\sqrt{\frac{1}{\beta}}$.

По экспериментальным данным, величина β определяется зависимостью $\beta = \frac{1}{v_{\max}^6}$. В фор-

муле (9) β – не постоянная величина, а функция: $\beta = \beta(v)$.

Формула (9) интенсивности отраженных электронов получена на основании приближительных предположений. Она лишь качественно

отражает суть явления. Но это качественное отражение в какой-то мере соответствует действительности. На рис. 9 приведена полученная на основании экспериментальных данных зависимость интенсивности отраженных электронов от ускоряющего потенциала V при различных значениях угла отражения θ [5]. При значении угла $\theta = 50^\circ$ имеет место наименьшее рассеяние бомбардирующих электронов и наибольший максимум интенсивности отраженных от атомов электронов. При значениях угла $\theta > 50^\circ$ и $\theta < 50^\circ$ имеет место большее затенение электронов, отраженных атомами нижележащих слоев, атомами вышележащих слоев, большее рассеяние бомбардирующих электронов и уменьшение интенсивности потока отраженных электронов (что описано выше и в работе [12]).

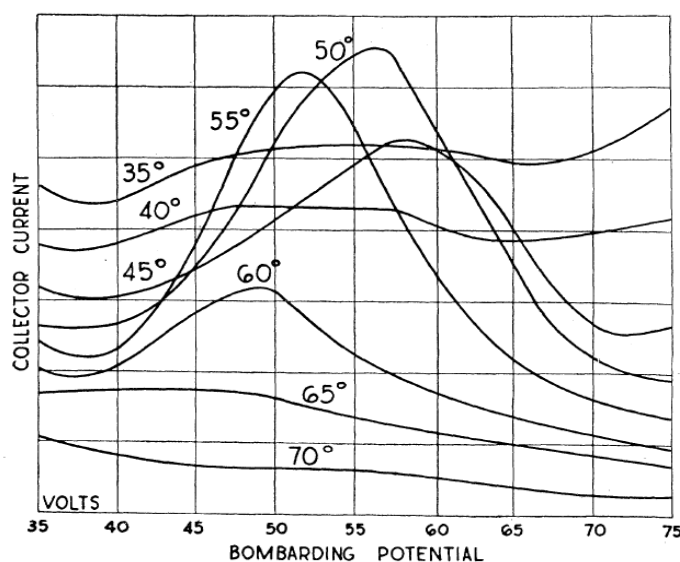


Рис. 9. Зависимость интенсивности отраженных в азимуте A электронов от ускоряющего потенциала V при различных значениях угла отражения θ ($\theta = 35^\circ - 70^\circ$) [5]

Заключение. Теория дифракции электронов строилась по аналогии с теорией дифракции рентгеновских лучей. Однако природа этих явлений существенно различна. Рентгеновские лучи рассеиваются на электронной плотности атомов. Рассеяние электронов, обладающих электрическим зарядом, определяется взаимодействием с электрическим полем атома, создаваемым как ядром, так и атомными электронами.

Траектория бомбардирующего электрона в атоме при классическом подходе однозначно определяется распределением заряда в атоме, начальной скоростью электрона, прицельным расстоянием и углом отражения электрона. Взаимодействие бомбардирующего электрона при движении в атоме с другими атомами и бомбардирующими электронами пренебрежимо мало. Постоянная плоской решетки не связана с дви-

жением электрона в атоме. Поэтому гипотеза де Бройля об электронных волнах не имеет никакого отношения к движению бомбардирующих электронов в атомах и к отражению электронов атомами.

Особенности данных, полученных в эксперименте Дэвиссона-Джермера, объясняются расположением отражающих атомов в первых трех слоях кристалла, определяющих особенности рассеяния бомбардирующих электронов и интенсивность потоков упруго отраженных электронов в приповерхностной области кристалла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кульментьев А.И., Кульментьева О.П., Махмуд А.М. Структура и свойства нанокристаллических покрытий из нитрида титана, полученных при непрерывном осаждении или

ионно-плазменной имплантации // Компрессорное и энергетическое машиностроение. 2011. № 2. С. 36–39.

2. Шехтман С.Р., Сухова Н.А. Свойства вакуумных ионно-плазменных покрытий с СМК структурой на основе карбосилицидов титана // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2016. Т. 20. № 3. С. 44–48.

3. Соколов А.Г., Бобылев Э.Э., Арефьева С.А. Повышение стойкости диффузионно-титанированного твердосплавного инструмента термической обработкой // Перспективные материалы. 2016. № 12. С. 45–51.

4. Мозольков А.Е., Федянин В.К. Дифракция медленных электронов поверхностью. М.: Энергоиздат, 1982. 144 с.

5. Davisson C., Germer L.H. Diffraction of electrons by a crystal of nickel. Physical review, 1927. V. 30. № 6.

6. Дэвиссон К. Волны ли электроны? УФН, 1928, т. 8, вып. 4. С. 483–509.

7. Томсон Г.П. Ранний этап изучения дифракции электронов. УФН, 1969, т. 99, вып. 3. С. 455–468.

8. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1. Введение в атомную физику. М.: Физматлит, 1963. 575 с.

9. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 5. Атомная и ядерная физика. М.: Физматлит, 2006. 783 с.

10. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. М.: Астрель, АСТ, 2007. 368 с.

11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 4. Оптика. М.: Физматлит, 2006. 792 с.

12. Федоренко Б.З. Классические модели взаимодействия движущихся тел с неподвижной средой и друг с другом // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 255–259.

Fedorenko B.Z.

**ELASTIC REFLECTION AND SCATTERING OF BOMBARDING ELECTRONS
IN THE SURFACE REGION OF THE CRYSTAL**

The most effective way of modifying the material surface to provide the desired product properties (corrosion, wear, etc.) is a thin-film coating, such as vacuum ion-plasma covering. Coating properties are determined by the properties of the coating and substrate materials (underlayer substrate is the material to be coated). Coatings stability over time is determined, among other factors, by the compatibility of the coating and substrate materials for physical, crystal-chemical, chemical and other properties. In this regard, is necessary to research physical properties of materials, in particular, in the surface areas. In this paper we study the elastic reflection and scattering of bombarding electrons in the surface layers of the crystal in a classical setting.

Key words: elastic reflection and scattering of bombarding electrons from atoms in the surface layers of the crystal, Davisson-Germer experiment, de Broglie's electronic waves, diffraction.

Федоренко Борис Зиновьевич, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики.

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

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

E-mail: bz9393@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

DOI: 10.12737/24885

Белоусов А.В., канд. техн. наук, доц.,
Кошлич Ю.А., канд. техн. наук,
Гребеник А.Г., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЗАТРАВЛЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО САПФИРА ПО МЕТОДУ КИРОПУЛОСА

iitusnik@gmail.com

В настоящее время область применения синтетического сапфира неукоснительно растет, что требует от производителей этого искусственного кристалла дальнейшего снижения стоимости изделий путем оптимизации затрат на производство, в том числе и посредством совершенствования технологий роста. В статье рассмотрены ключевые технологические особенности современных методов синтеза монокристаллов искусственного сапфира, а также намечены основные направления их развития, выделены достоинства и недостатки каждого из методов. Наибольший интерес с экономической точки зрения вызывает метод Киропулоса, обеспечивающий возможность выращивания кристаллов наибольших размеров, но, наряду с другими методами, обладающий рядом недостатков, наиболее существенным из которых представляется влияние человеческого фактора на качество получаемой продукции. В статье рассмотрен один из подходов к автоматизации данного метода на начальном этапе – процессе затравления, с целью обеспечения повторяемости процесса и снижения брака, что повышает рентабельность производства.

Ключевые слова: искусственный сапфир, метод выращивания, метод Киропулоса, монокристалл синтетического сапфира, автоматизация, затравление кристалла.

Введение. Расширению области применения искусственного сапфира способствует снижение его стоимости, которого можно добиться различными способами. Наибольший интерес с технологической точки зрения представляет собой снижение себестоимости продукции за счет развития технологии роста кристаллов. В связи с этим целесообразным является анализ методов выращивания монокристаллов искусственного сапфира на предмет их актуальности в условиях современных требований рынка синтетических кристаллов, а также подходов к их модернизации с целью повышения качества получаемой продукции, снижения энергозатрат и, как следствие, повышения рентабельности производства.

Методология. В настоящее время существует довольно большое количество методов выращивания монокристаллов технического сапфира, которые можно классифицировать по тем или иным признакам.

Наиболее перспективными и часто применяемыми по причине возможности получения достаточно крупных кристаллов при высоких скоростях роста являются методы получения кристаллов из расплава. Тем не менее, существуют и применяются на практике методы кри-

сталлизации искусственного сапфира из газовой фазы или раствора [1–4].

Говоря о методах выращивания монокристаллов искусственного сапфира из газовой фазы, можно отметить, что основными достоинствами такого подхода являются возможность обеспечения кристаллообразования при относительно низких температурах, легкость управления составом и слабое воздействие тигля на процесс кристаллизации. Несмотря на очевидные плюсы этих методов их распространенность в промышленности незначительна в силу одного недостатка – путем кристаллизации из газовой фазы можно получать кристаллы очень ограниченных размеров.

Другим способом выращивания кристаллов искусственного сапфира является выращивание из растворов (например, способ флюса). Его суть заключается в растворении исходного материала и переноса растворенных компонентов в относительно менее нагретую зону, где и происходит рост кристаллов [5]. Скорости роста кристаллов при выращивании методом флюса значительно (в 10 – 15 раз) уступают скоростям роста кристаллов из расплава. Даже при весьма длительном процессе размеры таких кристаллов не превышают нескольких сантиметров

Более половины технически важных кристаллов сапфира выращивается из расплава [3]. Суть данного подхода заключается в том, что исходный материал сначала расплавляется, а затем кристаллизуется при тщательно контролируемых условиях. Существует достаточно большое количество методов получения лейко-сапфира по такой технологии, а именно: методы Чохральского, Степанова, Вернейля, метод вертикально направленной кристаллизации (ВНК), методы Бриджмена-Стокбаргера, Киропулоса, зонная плавка, метод горизонтально направленной кристаллизации (ГНК) и др. [1-4].

Синтез кристаллов по методу Вернейля считается классическим и является первым промышленным методом выращивания корунда, шпинели и других синтетических кристаллов [3].

Метод реализуется путем просыпки маленьких порций порошковой шихты в трубчатую печь, где эта шихта расплавляется во время падения в кислородно-водородном пламени и питает каплю расплава на поверхности затравки. Затравка при этом вытягивается постепенно вниз, а капля пребывает на одном и том же уровне по высоте печи [9,10].

К преимуществам данного метода нужно, в первую очередь, отнести отсутствие тигля и, соответственно, связанных с ним трудностей, простоту реализации и, как следствие, низкую себестоимость кристаллов, а также возможность добавления в кристалл огромного числа добавок и получения кристаллов, части которых обладают различным содержанием примесей. Недостатком же является то, что из-за высокой температуры роста кристаллы обладают высоким остаточным напряжением [1, 3]. Также можно отметить трудность регулирования процесса, особенно тепло- и массообмена [9, 10].

Метод Чохральского в настоящее время является одним из наиболее широко применяемых методов получения монокристаллов технического сапфира. Его основные преимущества заключаются в том, что рост кристалла осуществляется в свободном пространстве без контакта со стенками тигля, что обеспечивает простоту изменения диаметра растущего кристалла и визуальный контроль [2], а также в возможности извлечения кристалла из расплава на любом этапе выращивания.

В то же время данный метод обладает рядом недостатков, основным из которых, является необходимость в тигле, который часто является источником загрязнений [6]. Кроме того, выращиваемые этим методом кристаллы обладают химической неоднородностью, выражающейся в монотонном изменении состава после-

довательных слоев кристалла вдоль направления роста [2]. В настоящее время существуют различные модификации данного метода выращивания монокристаллов. Например, метод Степанова, применяемый для выращивания профилированных кристаллов и отличающийся высокой скоростью получения кристалла, высокой производительностью, возможностью получения профилей сапфира, которые невозможно получить путем механической обработки, но, в то же время, высокой плотностью структурных дефектов [3, 7, 8].

Процесс управления кристаллизацией для установок по методу Чохральского можно назвать одним из наиболее автоматизированных и доведенным до высокого технического уровня [1]. Надежные системы управления и автоматизации создаются на основании оптического сканирования, однако следует отметить, что применяемое для выращивания кристаллов по этому методу оборудование является довольно дорогостоящим, что сказывается на стоимости кристаллов.

Метод горизонтальной направленной кристаллизации (ГНК) был разработан в Институте кристаллографии Российской Академии Наук (Москва, Россия) академиком Багдасаровым Х.С. Широко применяется и за рубежом – Швейцария, США, Чехия, Израиль и другие [1].

Данный метод позволяет получать монокристаллы в виде цилиндров с диаметром до 100 мм, либо в виде пластины с поперечным размером до 150 мм и толщиной около 20 мм.

Среди основных преимуществ метода можно выделить его относительную простоту, а также то, что при выращивании кристаллов данным методом высота и площадь расплава остаются постоянными в течение всего процесса выращивания, а большая площадь расплава обеспечивает эффективное испарение примесей [3].

Метод ГНК позволяет осуществлять визуальный контроль или контроль с помощью оптических приборов и датчиков за процессом затравления, что создает предпосылки для автоматизации данного метода.

В разработанном С. Киропулосом методе (1926 г.) монокристаллическая затравка, закрепленная в водоохлаждаемом кристаллодержателе, приводится в контакт с расплавом, расположенным в тигле. На затравке происходит постепенное получение кристалла в виде полусферы. При этом кристалл как бы врастает в расплав. Когда растущий кристалл приближается к стенке тигля, кристаллодержатель с кристаллом поднимается на несколько миллиметров и затем осуществляется последующий рост до очередного разрастания до стенок тигля, дальнейшего подъ-

ема и так далее. В методе Киропулоса диаметр получаемого кристалла может достигать порядка 300 см и более и ограничиваться лишь размерами тигля [1].

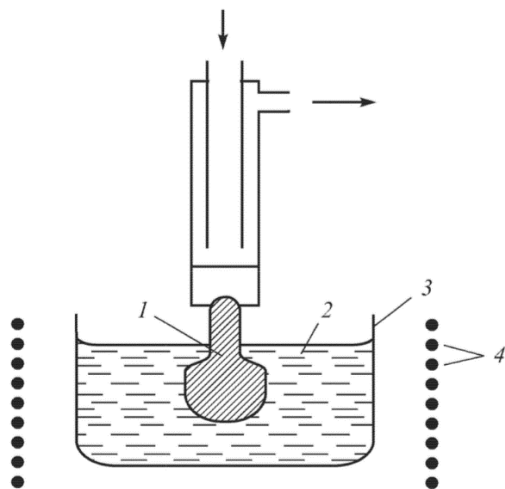


Рис. 1. Схема установки для выращивания монокристаллов по методу Киропулоса
1 – монокристалл; 2 – расплав; 3 – контейнер;
4 – нагреватель; стрелками показаны направления охлаждающей жидкости и охлаждающего газа

Основное преимущество метода Киропулоса состоит в его технической простоте и надежности. Он экономически выгоден, поскольку возможно более эффективное экранирование источника нагрева, сводящее невозвратные потери тепла к минимуму. Метод Киропулоса позволяет выращивать крупные монокристаллы лейкосапфира весом более 20 кг. Наиболее крупный кристалл, который когда-либо удавалось получить, был выращен именно методом Киропулоса на заводе «Монокристалл» в России. Его вес составил порядка 300 кг.

Схема установки для выращивания монокристаллов технического сапфира представлена на рис. 1.

Существенным недостатком метода, однако, является непостоянство скорости выращивания, поскольку теплообмен по мере увеличения массы монокристалла претерпевает изменения, учесть которые технически трудно [12]. Поэтому скорость роста задается заведомо низкой (порядка 2 мм/ч), чтобы избежать образования в монокристаллах различного рода включений, блоков и малоугловых границ. Еще одним недостатком данного метода является то, что процесс затравления по методу Киропулоса производится оператором вручную на основании визуальной информации и результат зависит от его профессионализма, т.е. упирается в человеческий фактор. Тем не менее, данный метод выращивания искусственного сапфира является наиболее распространенным, так как позволяет получать кристаллы наибольшего размера и достаточно высокого качества, достигая тем самым наилучших показателей с экономической точки зрения.

Основная часть. Улучшения качества кристалла, сокращения количества и размеров дефектов можно достичь за счет привлечения опытных мастеров высокой квалификации и автоматизации управления параметрами (температура, давление и т.д.) ростовой машины в процессе роста кристалла. Для решения этой задачи предлагается программно-аппаратный комплекс, который при помощи формализованного алгоритма затравления на основе визуальной информации позволит полностью автоматизировать процесс (рис. 2) [13].

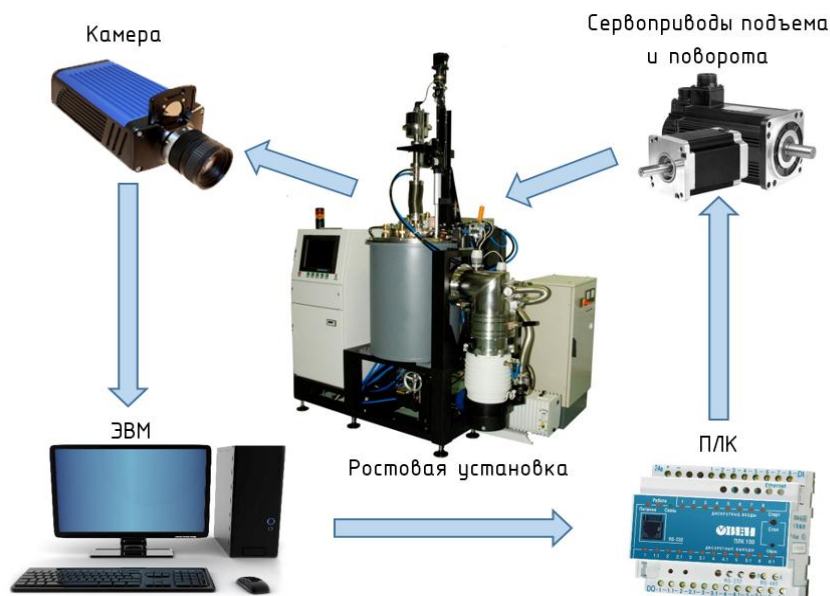


Рис. 2. Концепция системы автоматизированного затравления кристаллов

При помощи программных средств можно получить радиометрические измерения (в виде изображения, каждый пиксель которого несет в

себе информацию о цветовой температуре поверхности расплава – цифрового уровня (рис.3)).

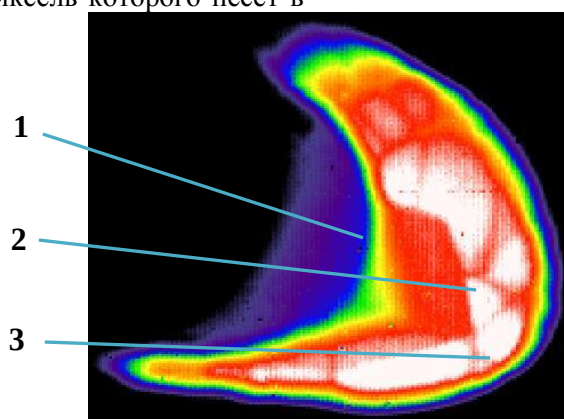


Рис. 3. Радиометрические измерения в тигле ростовой установки (1 – затравкодержатель, 2 – затравочный кристалл, 3 – кипящий расплав)

В процессе затравления управляющий сигнал необходимо формировать в зависимости от динамики фронта кристаллизации, добиваясь

равномерного по всем направлениям роста кристалла.

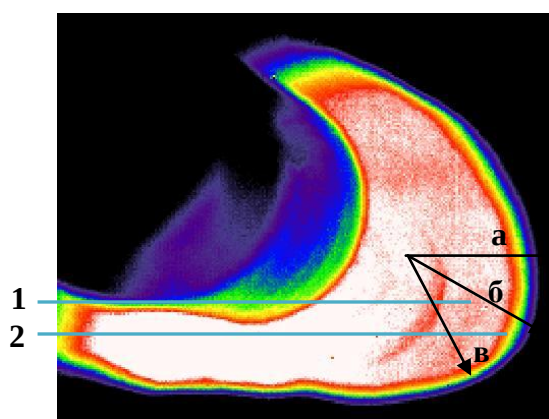


Рис. 4. Процесс затравления. Рост кристалла

Динамика роста монокристалла определяется расстоянием между так называемой перетяжкой кристалла 1 и его краем 2, определить кото-

рое можно вычислив глобальные экстремумы распределений интенсивности (рис.5) на трассировочных лучах а, б, в (рис.4).

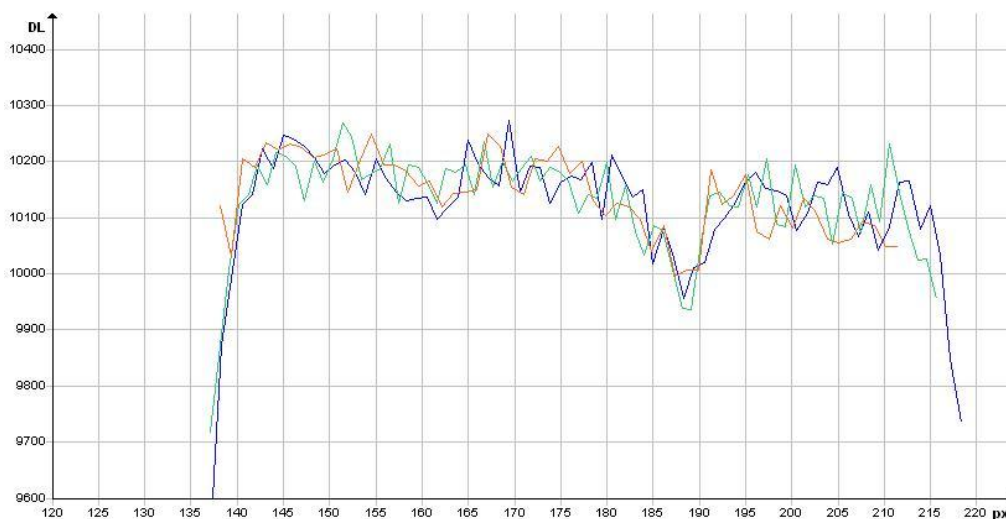


Рис. 5. Распределение интенсивности по трассировочным лучам

Получение значений глобальных экстремумов с достаточной точностью возможно при аппроксимации распределения интенсивности (рис. 6).

Значение d_0 соответствует расстоянию от центра первоначального касания затравочным кристаллом расплава до первой перетяжки монокристалла, а значение d_x – расстоянию до границы перехода фаз, определение динамики изменения которого соответствует определению динамики роста кристалла.

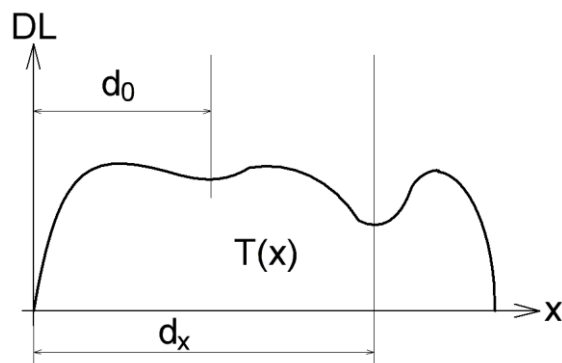


Рис. 6. Аппроксимирование функции распределения интенсивности по трассировочным лучам

Для получения двумерной визуальной модели кристалла (рис.7) необходимо перейти от декартовых координат к полярным с последующим определением расстояний $d_0, d_1, \dots, d_x$.

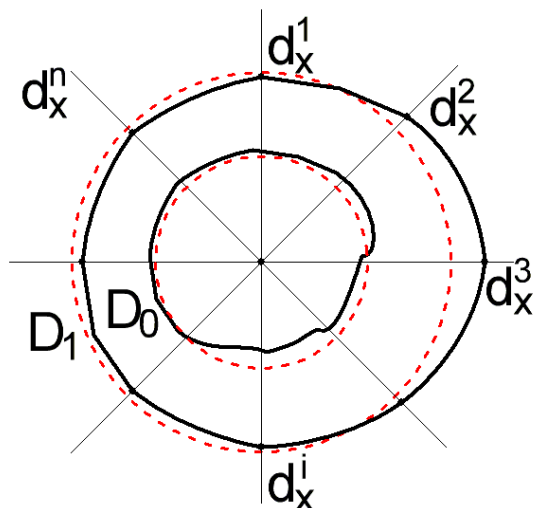


Рис. 7. Получение двумерной модели кристалла

Выводы. Формализовав алгоритм процесса затравления на основе визуальной информации можно полностью автоматизировать процесс затравления монокристалла, что позволит добиться повторяемости процессов, стабильного качества кристаллов и повышения энергоэффективности производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клунникова Ю.В. Физико-технологические основы создания подложек сапфира для приборов твердотельной электроники : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. 2016. С. 36–43.
2. Кожина Т.Д., Юдин А.В., Ерошков В.Ю. Исследование процессов, разработка технологий и обучение специалистов в области выращивания монокристаллов лейкосапфира для оптики и нанoeлектроники // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2013. №1 (10). С.92–101.
3. Как выращивают кристаллы. Краткий обзор. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://ftfsite.ru/wp-content/files/medods_kristallov_5.2.pdf (дата обращения: 10.02.20017)
4. Буш А.А., Гладышев И.В. Физико-химические основы и методы роста монокристаллов, выращивание кристаллов Al_2O_3 бестигельной зонной плавкой. М.: Изд. МИРЭА, 2011. 36 с.
5. Синтетические камни. [Электронный ресурс]. URL: <https://znaytovar.ru/s/Sinteticheskie-kamni.html> (дата обращения: 10.02.20017)
6. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. М.: Изд. «МИР», 1974. 541 с.
7. Волков А. В., Истинова О. Г., Казанский Н. Л., Костюк Г. Ф. Разработка и исследование метода формирования микрорельефа ДОО в сапфировых подложках // КО. 2002. №24. С.70–73.
8. Денисов А.В., Крымов В.М., Пунин Ю.О. Исследование оптических аномалий и остаточных напряжений в базисноограниченных ленточных кристаллах сапфира, выращенных методом Степанова // Физика твердого тела. 2007. №49. вып. 3. С.454–459.
9. Багдасаров Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 160 с.
10. Багдасаров Х.С., Горяинов Л.А. Тепло- и массоперенос при выращивании монокристаллов направленной кристаллизацией. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 224 с.
11. Белоусов А.В., Овсепян М.Г., Кошлич Ю. А., Гребеник А. Г. Анализ динамики роста монокристалла технического сапфира // Информационные системы и технологии. 2014. Т. 84. №4. С. 5–14.
12. Тарасюк П.Н., Ващенко Д.А., Трубаев П.А., Радченко В.В. Анализ термического сопротивления ограждающих конструкций различного типа по результатам инструментальных измерений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 152–158.

13. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Перспективы применения современных статистических и детерминированных методов

прогнозирования в системах мониторинга энергопотребления // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №4. 2012. С.192–196.

Belousov A.V., Koshlich Y.A., Grebenik A.G.

AN APPROACH TO PROCESS AUTOMATION OF SAPPHIRE SINGLE CRYSTALS SEEDING BY THE KYROPOULOS GROWTH TECHNIQUE

Nowadays sapphire production sphere is constantly increasing, which requires manufacturers of single crystal to further reduce production costs through the optimization of production costs, including improving the technological growth. The paper describes the main features of the technology of modern sapphire single crystals growing techniques and main directions of its modernization. It is highlighted the advantages and disadvantages of each techniques. The most interesting from an economic point of view, the method Kiropoulos provides the possibility of growing crystals of the largest size, but, along with other methods, a number of drawbacks, the most important of which appears to the human impact on product quality. The paper describes an approach to the automation of the technique at the initial stage - the seeding process, that allows process repeatability, reducing the reject and increasing profitability of production.

Key words: *sapphire single crystal, growth technique, Kyropoulos growth technique, автоматизация, crystal seeding.*

Белоусов Александр Владимирович, кандидат технических наук, директор «Института энергетики, информационных технологий и управляющих систем».

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

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

E-mail: ntl@intbel.ru

Кошлич Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетики и автоматики».

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

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

E-mail: koshlich@yandex.ru

Гребеник Артём Григорьевич, аспирант кафедры «Технической кибернетики».

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

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

E-mail: iitusnik@gmail.com

DOI: 10.12737/24888

Щербинина О.А., ст. преп., канд. техн. наук,
Щербинин И.А., инженер, канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ «ВЗЛЕТ ТСРВ-026М» НА ПРИМЕРЕ «ОВОЩЕХРАНИЛИЩА, УПМ И ФОК-2» ФГБОУ ВО БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА

31rusacpirant@mail.ru

Использование автоматизированных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии дает эффект от внедрения для потребителя тепловой энергии есть возможность контролировать и отслеживать теплопотребление, уменьшить плату за тепловую энергию, для генерирующего объекта есть возможность наблюдать за энергопотреблением, выявлять наиболее энергонеэффективных потребителей, оперативно отслеживать аварийные ситуации и коммерческие хищения.

Вопросы учета тепловой энергии регулируются Федеральным законом от 23 ноября 2009 года № 261 ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ст. 13), а также при взаимоотношениях юридических лиц друг с другом «Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя».

Ключевые слова: теплосчетчик регистратор, АСУиСД теплоносителя и тепловой энергии.

Использование автоматизированных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии дает эффект от внедрения для потребителя тепловой энергии есть возможность контролировать и отслеживать теплопотребление, уменьшить плату за тепловую энергию, для генерирующего объекта есть возможность наблюдать за энергопотреблением, выявлять наиболее энергонеэффективных потребителей, оперативно отслеживать аварийные ситуации и коммерческие хищения.

Вопросы учета тепловой энергии регулируются Федеральным законом от 23 ноября 2009 года № 261 ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ст. 13), а также при взаимоотношениях юридических лиц друг с другом «Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя».

Теплосчетчик регистратор ВЗЛЕТ ТСРМ предназначен для измерения, индикации, регистрации параметров теплоносителя и тепловой энергии, а также других параметров в теплосистемах различного типа, конфигурирования на узлах учета от квартиры до ТЭЦ.

Исполнение: ТСРВ 026М теплосчетчик регистратор для абонентского учета с гибкой настройкой.

Характеристика:

Количество теплосистем-1; Подключаемые преобразователи расхода-до 4; Подключаемые преобразователи температуры-до 5; Подключаемые преобразователи давления-до 4; Автоном-

ное питание-аккумулятор; Внешнее питание - есть; Задаваемые реакции на нештатные ситуации-все.

Отличительные особенности: многорежимность работы, комплектная поставка с расходомерами электромагнитными ВЗЛЕТ ЭР; возможность комплектации различными типами датчиков расхода, температуры и давления; работа в межотопительном сезоне без перемонтажа датчиков; возможность установки договорных значений давления, а также температуры холодной воды; возможность измерения и регистрации температуры наружного воздуха; многоуровневая защита от несанкционированного доступа: защита калибровочных данных пломбой госповерителя; защита установочных данных пломбой монтажной организации; ведение журналов нештатных ситуаций, отказов, действий пользователя и переключения режима; быстрая проверка правильности настроечных параметров по контрольной сумме; открытый протокол обмена, позволяющий включать теплосчетчики в системы сбора информации для тепловычислителей ТСРВ 026М. Тепловычислитель комплектуется адаптером сигналов ВЗЛЕТ АС адаптер сети Ethernet ACEB-040. Он предназначен для построения систем учета и диспетчеризации на основе Ethernet и подключения к Интернету. Подключение к приборам осуществляется по интерфейсам RS232 или RS485.

В качестве программного ядра диспетчерских систем используется программный комплекс ВЗЛЕТ СП. Диспетчерский компьютер

должен быть доступен из Интернета по фиксированному IP адресу. В отличие от циклического опроса, когда обмен в каждый момент времени осуществляется только с одним прибором, ТСР/IP соединения, осуществляемые адаптерами, позволяют одновременно взаимодействовать с сотнями приборов. Обеспечение удаленного доступа к узлам учета, для контроля измерений в режиме реального времени для отображения данных в виде диаграмм, таблиц, мнемосхем, отчетов и т.п.; передача накопленных данных для автоматической подготовки коммерческих отчетов и анализа работы узлов учета; оперативное информирование о нештатных ситуациях в измерениях и о состоянии узла учета в целом (охранная, пожарная сигнализация, затопление и

т.п.). Отличительные особенности: возможность передачи данных неограниченному числу пользователей; дополнительный режим для подключения группы приборов; визуальное отображение режимов работы.

Исследуемые объекты «Овощехранилище, УПМ и ФОК-2» это отдельностоящие здания, относящиеся к ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова, в которых находятся ТУ (тепловой узел), оборудованные теплосчетчиками регистраторами ВЗЛЕТ ТСРМ 026М (ОПМ), ВЗЛЕТ ТСРМ 34 (ФОК-2), ВЗЛЕТ ТСРМ 026 М (Овощехранилище).

На рис. 1 представлен интерфейс программы «Просмотрщик», предназначенной для работы с ВЗЛЕТ ТСРВ-026М и аналогами.

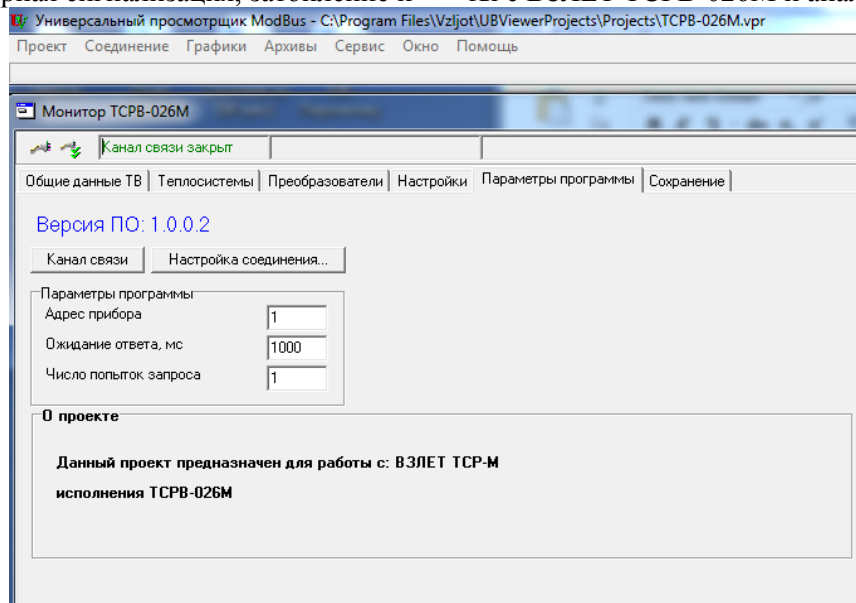


Рис. 1. Интерфейс программы «Просмотрщик», предназначенной для работы с ВЗЛЕТ ТСРВ-026М

Графики месячного потребления тепловой энергии (Гкал) объектами «Овощехранили-

ще, УПМ и ФОК-2» представлены на рисунках 2,3,4,5,6.

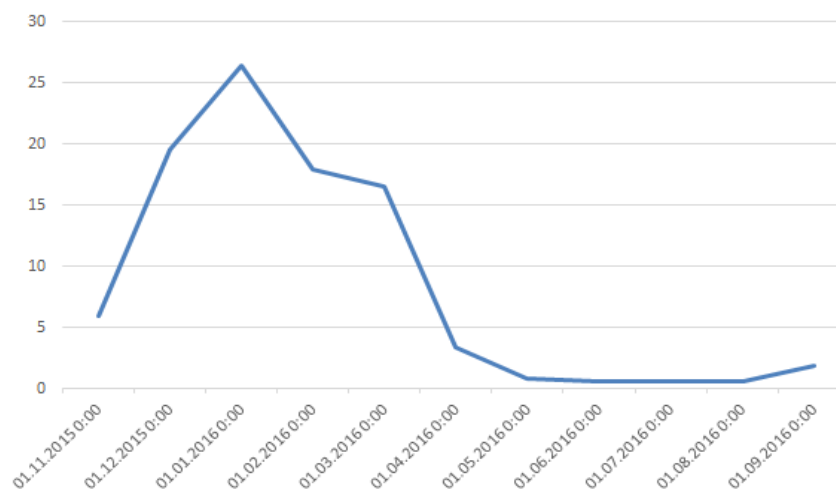


Рис. 2. График месячного потребления тепловой энергии (Гкал) «Овощехранилище» с 1 ноября 2015 г. по 1 сентября 2016 г.

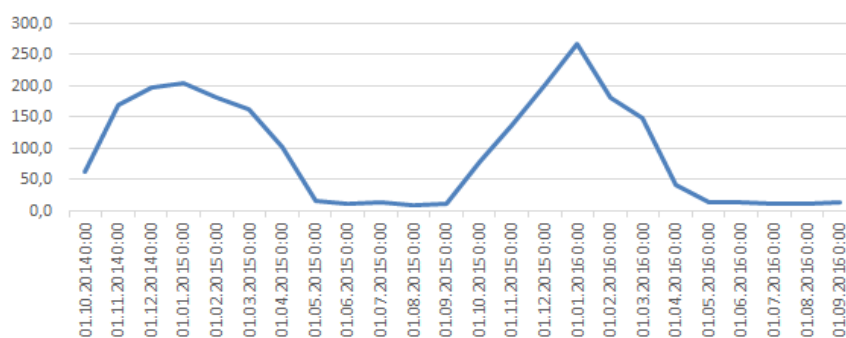


Рис. 3. График месячного потребления тепловой энергии (Гкал) «ОПМ» с 1 октября 2014г. по 1 сентября 2016 г.

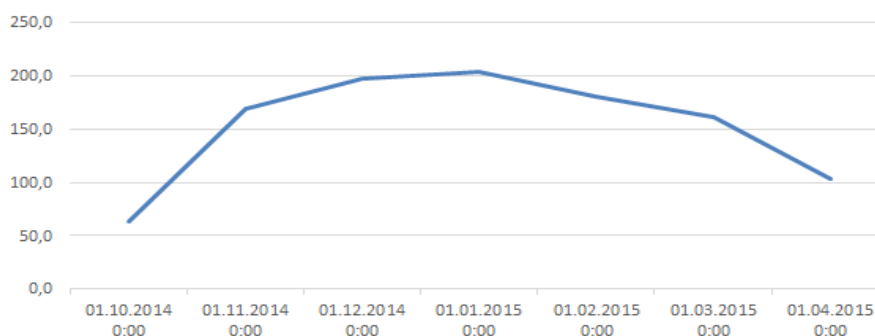


Рис. 4. График месячного потребления тепловой энергии (Гкал) «ОПМ» за отопительный период (октябрь-апрель 2015 г.

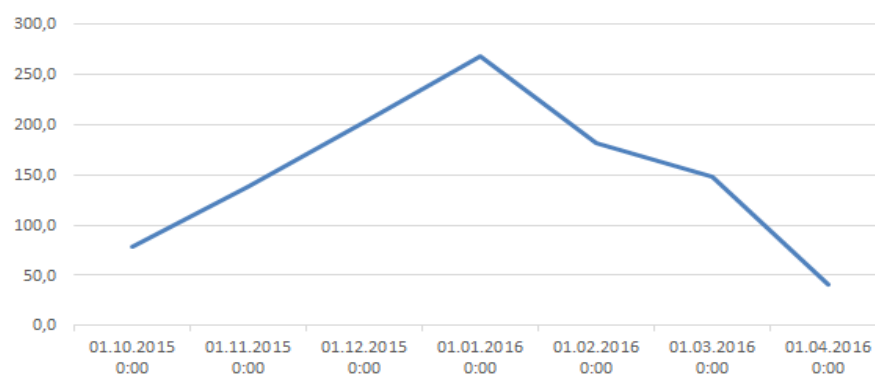


Рис. 5. График месячного потребления тепловой энергии (Гкал) «ОПМ» за отопительный период (октябрь-апрель) 2015 г.

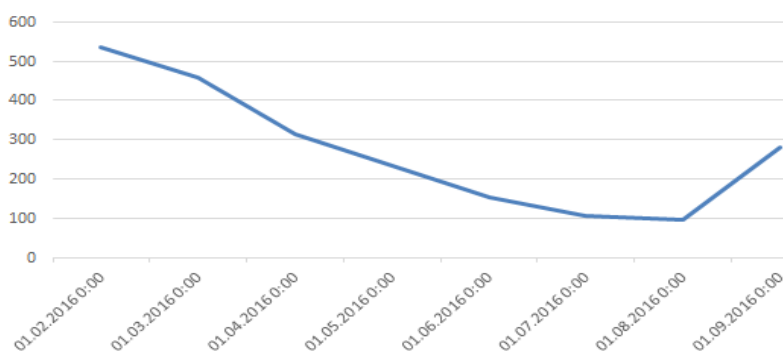


Рис. 6. График месячного потребления тепловой энергии (Гкал) «ФОК-2» за период (февраль-сентябрь) 2016 г.

Из графиков месячного потребления тепловой энергии видно, что пик потребления по трем

объектам приходится на январь месяц, в декабре тепловой энергии все объекты потребили боль-

ше чем за февраль это обусловлено рядом причин, это разница в количестве дней 31 и 28, и более теплой погодой.

Графики месячного потребления объектом «ОПМ» за отопительный период 2014 и 2015 г.

наглядно демонстрируют нам, что отопительный период 2015 г. был более холодным т.к. потребление тепловой энергии за январь 2014 г. составило 203,3 Гкал, а январь 2015 г. составило 267,5 Гкал.

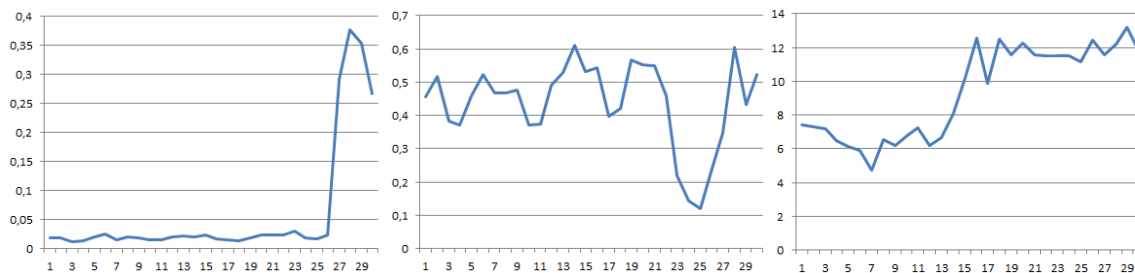


Рис. 7. Графики потребления тепловой энергии (Гкал) по суткам за сентябрь 2016г. объектами «Овощехранилище, УПМ и ФОК-2»

Из графиков видно, что с понижением температуры окружающего воздуха потребление тепловой энергии растет, это наглядно демон-

стрирует график потребления тепловой энергии «ФОК-2», где осуществлялись занятия в бассейне.

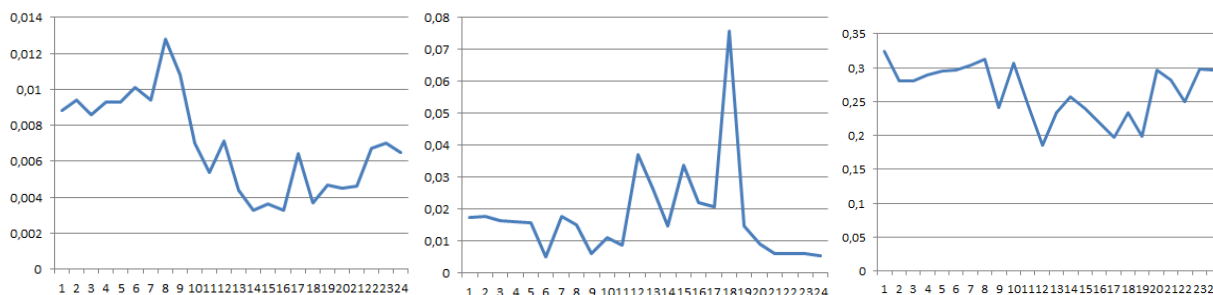


Рис. 8. Графики потребления тепловой энергии (Гкал) по часам за 3 октября (понедельник) 2016г. объектами «Овощехранилище, УПМ и ФОК-2»

Графики иллюстрируют, что в ночные часы потребление тепловой энергии снижается, а с началом рабочего дня растет. Это показывает график потребления объектом «Овощехранилище», объект «УПМ» наоборот показывает рост потребления в окончании рабочего дня. Объект «ФОК-2» для обеспечения температурного баланса потребляет более равномерно тепловую энергию.

Выводы: использование автоматизированных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии на основе тепловычислителей «ВЗЛЕТ ТСРВ-026М» и аналогов позволяет осуществлять измерения, индикации, регистрации параметров теплоносителя и тепловой энергии, а также других параметров в теплосистемах различного типа в режиме реального времени, что повышает надежность систем, снижает потери, обеспечивает оперативное обнаружение порывов в теплосистемах и коммерческих хищениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин А.М., Потапенко А.Н., Лесовик В.С., Белоусов А.В., Потапенко Е.А. Опыт внед-

рения современных энергоэффективных технологий на основе автоматизации распределенных энергосистем зданий вуза // Строительные материалы. 2005. № 2. С. 2–5.

2. Кушев Л.А., Дронова Г.Л. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С. 24–25.

3. Кушев Л.А., Волабуев И.В., Андреева Т.Ю., Алифанова А.И. Современные методы экономии энергетических ресурсов на теплогенерирующих предприятиях // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS сборник статей III Международной научно-практической конференции. 2016. С. 118–124.

4. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Система визуализации и мониторинга технологических параметров распределенных объектов энергопотребления на основе web-базируемого доступа // Информационные системы и технологии. 2012. № 6 (74). С. 108–113.

5. Глаголев С.Н., Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Web-ориентированный до-

ступ к технологической информации в системах мониторинга объектов энергопотребления // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 52. № 2. С. 70–73.

6. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В. Повышение эффективности систем теплоснабжения потребителей различного назначения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 1. С. 86–89.

7. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В. О преимуществах перехода от централизованного к индивидуальному теплоснабжению жилых, общественных и промышленных зданий // Промышленная энергетика. 2009. № 5. С. 7–9.

8. Кулешов М.И., Беляева В.И., Кожевников В.П., Погонин А.А., Мочалин А.А. Повышение экологической безопасности систем теплоснабжения // Экология и промышленность России. 2012. № 7. С. 12–13.

9. Вендин С.В., Щербинин И.А. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 96–99.

10. Щербинин И.А., Щербинина О.А., Алдженди Р. Улучшение динамической устойчивости электрической системы с применением нечеткого контроллера // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 147–151.

11. Белоусов А.В., Потапенко А.Н., Костриков С.В. Особенности автоматизированной системы диспетчерского управления зданиями Белгородского государственного университета // Информационные системы и технологии. 2004. № 3(4). С. 86–89.

12. Потапенко А.Н., Суков Д.С. Особенности выбора приборов для узлов учета тепловой энергии с учетом их функционирования в составе АСДУ // Информационные системы и технологии. 2004. № 3 (4). С. 90–93.

13. Потапенко А.Н., Яковлев А.О., Потапенко Е.А., Солдатенков А.С. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2007. № 7–8. С. 120–134.

14. Сергеев С.К., Потапенко А.Н., Белоусов А.В., Потапенко Е.А. Математические модели управления процессами теплоснабжения зданий для автоматизированных систем управления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 1. С. 113–117.

15. Пат. 2247422 Российская Федерация, Система автоматического регулирования отопления здания с учетом климатических факторов / Потапенко А.Н., Белоусов А.В., Потапенко Е.А., Костриков С.В. патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова № 2247422 опубл. 13.05.2004г. Бюл. № 20. 3с

Shcherbinina O. A., Shcherbinin I. A.

THE USE OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS AND DATA COLLECTION PARAMETERS OF THE COOLANT AND THERMAL ENERGY ON THE BASIS OF THE HEAT CALCULATORS «RISE DRV-026M» FOR EXAMPLE «VEGETABLE STORES, UPM AND FLC-2» OF THE BSTU. V.G. SHUKHOV

The use of automated control systems and data collection parameters of the coolant and the thermal energy gives the effect of the introduction of the thermal energy consumer is the ability to control and monitor the heat consumption, to reduce the fee for heat energy, for generating an object has the ability to monitor consumption, identify the most energy inefficient consumers to quickly monitor emergency and commercial theft. Questions of accounting of thermal energy are regulated by the Federal law of november 23, 2009 № 261 FZ "On energy saving and on increasing energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation" (article 13), as well as the relationship between legal persons with each other "accounting Rules of thermal energy and heat carrier".

Key words: heat meter, the registrar, ASUiSD of coolant and heat.

Щербинин Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, инженер СГЭ.

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

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

E-mail: 31rusacpirant@mail.ru

Щербинина Ольга Александровна, кандидат технических наук, ст. преп. кафедры электроэнергетики и автоматики.

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

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

DOI: 10.12737/24883

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

bellena_74@mail.ru

Приведены результаты планирования и реализации полного факторного эксперимента по подбору технологических параметров производства спецжиров, обеспечивающих получение требуемых значений жирности. Результаты регрессионного анализа позволяют выявить и оценить влияние компонентов на жирность продукта на выходе процесса. Установлены значения технологических параметров, позволяющих получить требуемое значение исследуемого параметра.

Ключевые слова: планирование эксперимента, полный факторный эксперимент, регрессионный анализ, факторы.

В настоящее время, в период интенсивного развития техники, методов и технологий, каждое предприятие стремится улучшить свое производство и повышать качество выпускаемой продукции, расширять ассортимент и совершенствовать имеющиеся бизнес-процессы. Такие стремления всегда сопровождаются множеством проб и ошибок, а, следовательно, и затратами. Для снижения издержек проводят анализ и оптимизацию всего производства в целом, а также отдельных процессов. Особое внимание следует уделить оптимизации пищевых производств, так как пищевая промышленность одна из самых важных для любого государства, поскольку качественные продукты питания являются залогом здоровья нации.

Для оптимизации процессов производства и прогнозирования свойств готовой продукции широко применяются методы планирования эксперимента [1-8]. Они позволяют получить модель объекта или процесса, определить факторы, влияющие на модель, подобрать оптимальные условия протекания процесса и др.

Целью данного исследования является изучение влияния технологических факторов на свойства жиров специального назначения для дальнейшего использования при оптимизации процесса производства данного вида продукции. Оптимизация позволяет повысить производительность оборудования, экономно расходовать сырье, материалы и ресурсы [9-12].

Жиры специального назначения – это кулинарные жиры, кондитерские жиры и заменители молочного жира, применяемые в изготовлении продуктов сыродельного, молочного, масложирового и хлебопекарного направления.

Растительный заменитель молочного жира не содержит вредного для организма холесте-

на и трансизомеров жирных кислот в отличие от жиров животного происхождения. Эти жиры хорошо действуют на обмен веществ, улучшают работу ферментов. Кроме того, использование спецжиров в кондитерской, хлебопекарной, молочной и других отраслях пищевой промышленности постоянно возрастает в связи с активной инновацией в этих отраслях. Это диктует необходимость постоянно расширять ассортимент специальных жиров, выпускаемых масложировой промышленностью. При этом потребители специальных жиров все более активно влияют на формирование этого ассортимента. Также следует отметить, что расширение производства специальных жиров является в последние несколько лет основной тенденцией развития маргариновой отрасли в РФ [13].

Являясь одним из основных ингредиентов многих продуктов, спецжир и его характеристики оказывают непосредственное влияние на потребительские свойства готовой продукции, улучшая органолептические показатели, и при этом снижая ее себестоимость. Поэтому обеспечение стабильности качества этого компонента и прогнозирование его свойств является важным элементом обеспечения качества готовой продукции.

На начальном этапе исследования математическое описание влияния факторов на свойства спецжира будем искать в виде линейного уравнения, для получения которого воспользуемся полным факторным экспериментом [7, 14-18].

Эксперимент выполнялся на базе одного из современных предприятий, которое выпускает жиры специального назначения по собственным рецептурам. Выпускаемая продукция соответствует установленным нормативным требовани-

ям и требованиям Технического регламента ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масло-жировую продукцию»; система менеджмента качества, охватывающая производство спецжиров, сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ИСО 9001. Также качество выпускаемой продукции подтверждается соответствием международным стандартам на пищевую продукцию (International Fegtured o – IFS Food), международным стандартом пищевой безопасности Британского розничного консорциума (BRC Global Standard for Food Safety), стандартам RSPO, Kosher, Halal, Sedex.

Для каждого технологического процесса существует свое оптимальное сочетание факторов, при котором достигается наибольшая его эффективность. Любое отклонение от опти-

мального режима ведет к снижению производительности, срока службы оборудования, ухудшению качества и удорожанию конечного продукта [12].

Выходным параметром процесса приготовления спецжира является жирность продукта y (%), которая зависит от температуры при приготовлении x_1 (°C), жирности исходных компонентов x_2 (%) и концентрации красителя x_3 (%).

Математическое описание этого процесса в окрестности точки факторного пространства с координатами $x_{01} = 35^\circ\text{C}$, $x_{02} = 99,9\%$ и $x_{03} = 75\%$ будет представлено уравнением регрессии вида: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$.

Условия проведения полного факторного эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения эксперимента

Характеристика	x_1 , °C	x_2 , %	x_3 , %
Основной уровень	35	99,9	75
Интервал варьирования	5	0,1	5
Верхний уровень	40	100	80
Нижний уровень	30	99,8	70

Матрица полного факторного эксперимента представлена в табл. 2.

Приведенные значения исследуемых факторов и результирующего признака были получены в ходе автоматизированного технологиче-

ского контроля процесса производства продукции (x_1 и x_2) и в результате испытаний объединенной пробы готовой продукции (x_3 и y) по ГОСТ 32189-2013.

Таблица 2

Матрица полного факторного эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	X_3	x_1 , °C	x_2 , %	x_3 , %	$\bar{y}$
1	-1	-1	-1	30	99,8	70	99,85
2	+1	-1	-1	40	99,8	70	99,88
3	-1	+1	-1	30	100	70	99,88
4	+1	+1	-1	40	100	70	99,89
5	-1	-1	+1	30	99,8	80	99,88
6	+1	-1	+1	40	99,8	80	99,89
7	-1	+1	+1	30	100	80	99,90
8	+1	+1	+1	40	100	80	99,90

Кодированные переменные X_1 , X_2 , X_3 , приведенные в табл. 2, связаны с температурой x_1 , жирностью x_2 и концентрацией x_3 следующими соотношениями [16]:

$$X_1 = \frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1}, \quad X_2 = \frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2}, \quad X_3 = \frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3},$$

где x_i – кодированное значение фактора; Δx_i – интервал варьирования; X_i – натуральное значение фактора.

На основании результатов полного факторного эксперимента рассчитаем коэффициенты регрессии:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j = \frac{1}{8}(99,85 + 99,88 + 99,88 + 99,89 + 99,88 + 99,89 + 99,9 + 99,9) = 99,967$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{1j} \cdot y_j = \frac{1}{8}(-99,85 + 99,88 - 99,88 + 99,89 - 99,88 + 99,89 - 99,9 + 99,9) = 0,00125$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{2j} \cdot y_j = \frac{1}{8}(-99,85 - 99,88 + 99,88 + 99,89 - 99,88 - 99,89 + 99,9 + 99,9) = 0,00875$$

$$b_3 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{3j} \cdot y_j = \frac{1}{8}(-99,85 - 99,88 - 99,88 - 99,89 + 99,88 + 99,89 + 99,9 + 99,9) = 0,00175,$$

где N – число опытов в эксперименте; j – номер опыта; X_{1j} , X_{2j} , X_{3j} – значение фактора для соответствующего опыта; y_j – значение переменной отклика для соответствующего опыта.

Рассчитаем дисперсию среднего значения:

$$S_y^2 = \frac{1}{8-1}[(99,85-99,88)^2 + (99,88-99,88)^2 + (99,88-99,88)^2 + (99,89-99,88)^2 + (99,88-99,88)^2 + (99,89-99,88)^2 + (99,90-99,88)^2 + (99,90-99,88)^2] = 0,00027$$

Определим среднеквадратичную ошибку в определении коэффициентов уравнения регрессии:

$$S_b = \pm \sqrt{\frac{S_y^2}{N}} = \pm \sqrt{\frac{0,00027}{8}} = 0,00058,$$

где N – число опытов в эксперименте; S_y^2 – дисперсия среднего значения.

Определяем доверительный интервал коэффициентов уравнения регрессии:

$$S_b t = t \cdot S_b = 2,31 \cdot 0,00058 = 0,0013,$$

где S_b – среднеквадратическая ошибка; t – табличное значение критерия Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$ и 7 степенях свободы [8, 10].

$$S_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2,$$

где N – число опытов в эксперименте; y_j – значение переменной отклика для соответствующего опыта; $\bar{y}$ – среднее значение переменной отклика.

Так как коэффициенты b_3 , b_2 , b_0 по абсолютной величине больше или равны доверительному интервалу $S_b t = 0,01$, то все они являются статистически значимыми. А коэффициент b_1 по абсолютной величине меньше доверительного интервала, это свидетельствует о том, что данный коэффициент не является значимым в данном диапазоне факторного пространства. Следовательно, искомое уравнение имеет вид:

$$y = 99,88 + 0,01X_2 + 0,01X_3$$

Применив модель регрессионного анализа, проверили расчеты в программе Statistica [19] (рис. 1), значимые коэффициенты уравнения регрессии выделены красным.

Regression Summary for Dependent Variable: Жирность, % (Spreadsheet17)							
R= ,92743725 R²= ,86013986 Adjusted R²= ,75524476							
F(3,4)=8,2000 p<,03492 Std.Error of estimate: ,00791							
N=8	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(4)	p-value	
Intercept			90,96750	2,792675	32,57361	0,000005	
X ₁ , °C	0,418121	0,186989	0,00125	0,000559	2,23607	0,089009	
X ₂ , %	0,585369	0,186989	0,08750	0,027951	3,13050	0,035168	
X ₃ , %	0,585369	0,186989	0,00175	0,000559	3,13050	0,035168	

Рис. 1. Результаты регрессионного анализа в программе Statistica

Для проверки адекватности уравнения регрессии найдем расчетные значения функции отклика:

$$y_1^p = 99,88 + 0,01(-1) + 0,01(-1) = 99,86$$

$$y_2^p = 99,88 + 0,01(-1) + 0,01(-1) = 99,87$$

$$y_3^p = 99,88 + 0,01(+1) + 0,01(-1) = 99,87$$

$$y_4^p = 99,88 + 0,01(+1) + 0,01(-1) = 99,89$$

$$y_5^p = 99,88 + 0,01(-1) + 0,01(+1) = 99,87$$

$$y_6^p = 99,88 + 0,01(-1) + 0,01(+1) = 99,89$$

$$y_7^p = 99,88 + 0,01(+1) + 0,01(+1) = 99,89$$

$$y_1^p = 99,88 + 0,01(+1) + 0,01(+1) = 99,91.$$

Вычислим оценку дисперсии адекватности:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{N-B} \sum_{i=1}^N (y^3 - y_i^p)^2 = \frac{1}{8-4} [0,0001 + 0,0001 + 0,0001 + 0 + 0,0001 + 0 + 0,0001 + 0,0001] = 0,00015,$$

где B – число коэффициентов регрессии; N – количество опытов; y^3 – экспериментальное значение функции отклика; y_i^p – расчетное значение функции отклика.

Проверку гипотезы адекватности модели проводим по критерию Фишера. Для этого найдем расчетное значение критерия:

$$F_p = \frac{\max(S_{ad}^2; S_y^2)}{\min(S_{ad}^2; S_y^2)} = \frac{0,00027}{0,00015} = 1,8$$

где S_y^2 – дисперсия среднего значения; S_{ad}^2 – дисперсия адекватности.

Расчетное значение критерия Фишера не превосходит табличное значение, которое составляет 3,83 [8], следовательно, уравнение регрессии адекватно.

Перейдем в уравнении от кодированных переменных к физическим.

$$X_2 = \frac{x_2 - x_{02}}{\Delta x_2} = 10x_2 - 999$$

$$X_3 = \frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3} = 0,2x_3 - 15$$

Подставляя полученные выражения в уравнение регрессии, преобразуем его к виду:

$$y = 89,74 + 0,1x_2 + 0,002x_3$$

Графически результаты планирования эксперимента представлены на рис. 2, в виде поверхности отклика, построенной в программе Statistica. Коэффициенты уравнения поверхности отклика, рассчитанные в программе, незначительно отличаются от полученных расчетным методом в уравнения регрессии.

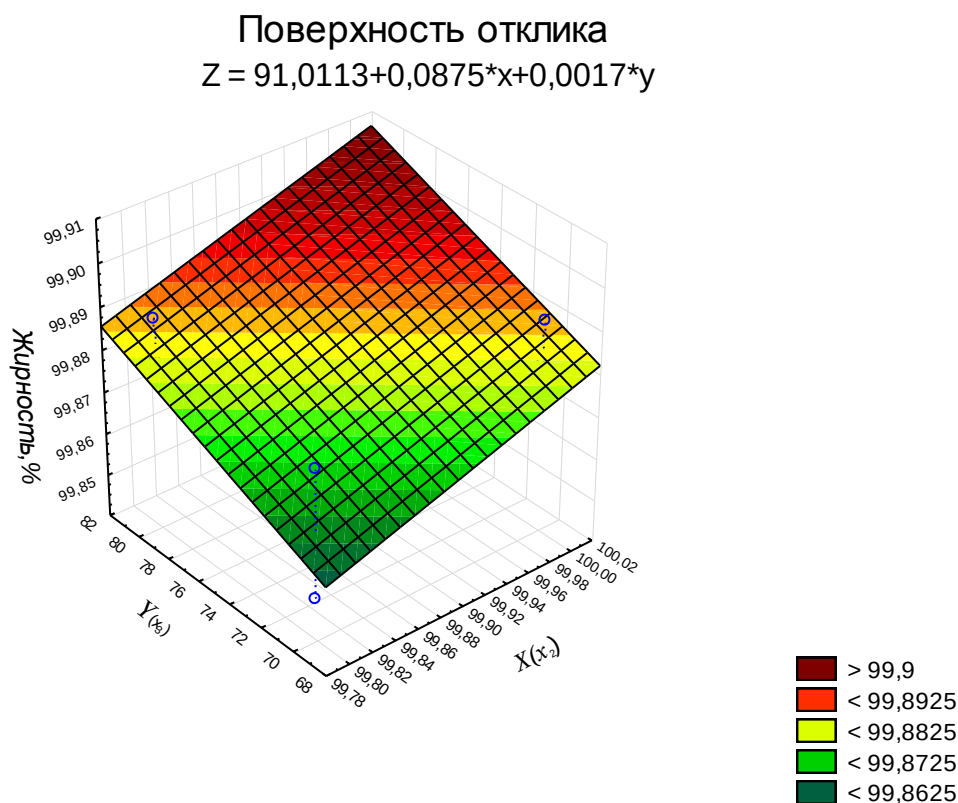


Рис. 2. Зависимость жирности готового продукта от факторных признаков: жирность исходных компонентов x_2 (%) и концентрация красителя x_3 (%)

Как видно из представленного графика жирность спецжира увеличивается при одновременном увеличении жирности исходных компонентов и концентрации красителя. Для получения максимальных значений исследуемого параметра, а именно такая жирность (99,9 %) чаще всего требуется крупным потребителям, использующим его в своем производстве (при изготовлении кондитерских изделий и молочной продукции), необходимо применять исходные компоненты с жирностью не менее 99,84 % и концентрацию красителя не менее 75 %. Однако с целью снижения стоимости готового продукта можно использовать в технологии производства сочетание минимальных значений факторных признаков, поскольку даже такое сочетание обеспечивает выполнение нормативных требований к спецжиру по показателю жирности: не менее 95 %.

Таким образом, с помощью полного факторного эксперимента получено уравнение, описывающее процесс приготовления заменителя молочного жира на современном пищевом предприятии. Данное уравнение позволяет выявить влияние компонентов на жирность продукта на выходе процесса. Из расчетов видно, что для оптимальной жирности продукта можно брать сочетание факторов с минимальными значениями, так как такой выбор позволит сократить расходы, и при этом жирность будет удовлетворять требования к продукту. Кроме того, в уравнение можно добавить другие компоненты (например, витамины - токоферол и др.), а, следовательно, проведя дополнительные исследования, получить новый продукт, избежать некоторых убытков и глубже исследовать процесс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юракова Т.Г., Черноситова Е.С., Юраков Н.С. Исследование оптических свойств искусственных пигментных наполнителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №10. с. 28-31.
2. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. Киев: изд. Наукова Думка, 1980. 207 с.
3. Логанина В.И., Федосеев А.А. Статистические методы контроля и управления качеством продукции: учебн. пособ. Ростов-на-Дону: изд-во Феникс, 2007.
4. Баласанян Б.С., Христафорян С.Ш. Полиномиальная аппроксимация результатов однофакторного эксперимента методами математического планирования // Прогресивні технології І системи машинобудування. 2007. № 1 (33). С. 18-25.

5. Петровский Э.А., Казанцева А.В. Прогнозирование выходов процессов предприятия методом математического планирования эксперимента // Перспективы науки. 2012. № 3 (30). С. 65-68.

6. Крючкова О.А., Крючков Ю.О., Таранцев Е.К. Исследование параметров для функции отклика с использованием метода планирования эксперимента // Современные информационные технологии. 2007. № 5. С. 10-13.

7. Пучка О.В., Вайсера С.С., Здесенко В.А. Прогнозирование эксплуатационных характеристик теплоизоляционных материалов методом математического планирования эксперимента // современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сб. научн. тр. XII-ой Междунар. научн.-практ. конф. в 4-х томах. 2015. С. 352-356.

8. Пучка О.В., Чернышева Е.В., Вайсера С.С., Сергеев С.В. Исследования морфологических инверсий и технологических характеристик теплоизоляционных материалов / Фундаментальные исследования. 2014. № 12-1. с.104-111.

9. Чернышева Е.В. Средства и методы управления качеством: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 192 с.

10. Чернышева Е.В., Серых И.Р. Сертификация строительной продукции как механизм обеспечения гарантии качества / Наука и технология материалов: состояние и перспективы развития: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2005. с. 206-208.

11. Панфилова Н.П., Тарасов Р.В., Макарова Л.В. Оптимизация технологических процессов производства сахара методами планирования эксперимента // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 6-1 (38). С. 16.

12. Бочкарев В.В. Оптимизация технологических процессов органического синтеза: учебное пособие. Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2010. 185 с.

13. Султанович Ю.А., Нестерова Е.А., Степанова Л.И., Трубоч И.Г. Перспективы рынка специализированных жиров // Переработка молока. 2010. №3. с. 38-41.

14. Ефремов Г.И., Карабаев Г.В., Говорова М.Ю. Применение метода планирования эксперимента для нахождения уравнения линейной регрессии / Развитие науки и образования. Проблемы преподавания в высшей школе: сб. мат. Междунар. научн.-метод. конф. в 2-х томах. 2011. С. 41-45.

15. Тузенко О.А., Кухарь В.В., Балалаева Е.Ю., Дубинина А.В. Исследование математических моделей в планировании эксперимента методом сравнительного анализа // Вестник национального технического университета Харькова.

ский политехнический институт. Серия: Информатика и моделирование. 2013. № 39 (1012). С. 182-188.

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

17. Чернышева Е.В., Серых И.Р. Основы научных исследований, планирование и организация эксперимента: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 103 с.

18. Чернышева Е.В. Основы теории эксперимента: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 68с.

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

20. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С. Актуальные проблемы промышленной безопасности // Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Сербия. 2016. December. P. 164-165.

Chernysheva E.V., Chernositova E.S., Serykh I.R., Vorontsova V.V., Chernysheva A.S.
OPTIMIZATION PROCESS OF PRODUCTION PLANNING METHOD OF THE EXPERIMENT

The results of the planning and implementation of a full factorial experiment on the selection of technological parameters of production special, providing the required values of fat. The results of the regression analysis allow to identify and assess the influence of components on the fat content of the product process. Set values of technological parameters, allowing to obtain the desired value of the investigated parameter.

Key words: design of experiments, full factorial experiment, regression analysis, factors.

Чернышева Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация и управление качеством»

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

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

E-mail: bellena_74@mail.ru

Черноситова Елена Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация и управление качеством»

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: ES-Helen@yandex.ru

Серых Инна Робертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретической механики и сопротивления материалов»

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

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

E-mail: inna_ad@mail.ru

Воронцова Виктория Владимировна, студент магистратуры направления «Стандартизация и метрология» кафедры «Стандартизация и управление качеством»

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: vorontsova.v.v@mail.ru

Пестерев П.В., аспирант
Омский государственный технический университет

АНАЛИЗ НОВОВВЕДЕНИЙ В АЛГОРИТМАХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ YANDEX И GOOGLE

scoolptor@mail.ru

В статье рассмотрены нововведения в алгоритмах поисковых систем Yandex и Google. Проанализированы и представлены основные направления совершенствования алгоритмов поисковых систем. На основе рассмотренных принципов работы алгоритмов разработчики сайтов могут поднимать свои ресурсы в результатах поисковой выдачи. Статья может быть полезна дизайнерам и разработчикам сайтов, студентам, магистрантам и аспирантам, обучающимся по направлениям в сфере информационных технологий.

Ключевые слова: поисковая система, ранжирование сайтов, алгоритм поиска, поисковой ресурс, Google, Yandex.

Введение. Поисковая система – веб-сервис, предназначенный для поиска текстовой и графической информации в сети Интернет. Поиск информации осуществляется на основе сформулированного пользователем поискового запроса [1]. Работа такой системы заключается в том, чтобы пользователь по запросу, содержащему ключевые слова, нашел необходимые документы [2]. При этом поисковая система генерирует страницу, содержащую результаты поиска, как правило, в виде списка сайтов с краткой информацией. Результаты такой выдачи называются ранжированием сайтов, которое осуществляется на основе алгоритмов, меняющихся в процессе их функционирования [3]. В России наиболее популярными поисковыми системами являются Yandex и Google [4]. В данной статье рассматриваются и анализируются нововведения в алгоритмах данных поисковых систем.

Анализ алгоритмов Яндекс. Анализ алгоритмов Яндекс с 2007 по 2012 год (алгоритмы «8 SP1», «Магадан», «Находка», «Арзамас», «Снежинск», «Коканово», «Матрикснет», «Обнинск», «Краснодар», «Рейкьявик», «Калининград») приводится в статье «Перспективы развития поисковых систем Рунета на основе обзора алгоритмов Яндекса» [5].

30 мая 2013 года компания Яндекс запустила алгоритм «Дублин» [6], являющийся модификацией выпущенного в декабре 2012 года алгоритма «Калининград». «Калининград» [5, 7] делил интересы пользователей на кратковременные и долговременные, «Дублин» же реагировал на сиюминутные интересы. Данный алгоритм работал на основе изучения браузерной истории, анализируя запросы за последние несколько часов. Например, пользователь искал информацию по географии, а после этого задал поисковой запрос «Мадагаскар», в этом случае он находит остров. Если же непосредственно перед этим он интересовался кинематографом,

то в результатах запроса вначале будут стоять сайты с информацией о мультфильме с этим названием. Если рассматривать данный алгоритм с точки зрения поисковой оптимизации, то можно сказать, что он не оказывает никакого влияния на позиции сайта и их рейтинг в результатах поисковой выдачи. В сущности, алгоритм «Дублин» отвечает на сиюминутные запросы и выдает результаты в соответствии с этими запросами в том порядке, в котором их оценили другие алгоритмы.

Также в мае 2013 года Яндекс анонсировал введение «Островов» [8] – интерфейсного изменения поисковой выдачи. Главным нововведением стали интерактивные блоки на странице выдачи результатов поиска, позволяющие напрямую взаимодействовать с сайтом. Таким образом, например, стало возможно узнавать расписание сеансов и бронировать места в кинотеатре сразу из поискового ресурса. Изначально компания предполагала, что интерактивные блоки будут создаваться разработчиками сайтов.

15 мая 2015 Яндекс запустил новый алгоритм «Минусинск» [9, 10]. В соответствии с данным алгоритмом сайты, при продвижении которых используются SEO-ссылки (Search Engine Optimization [11]), стали понижаться в результатах поисковой выдачи. Таким образом, представители Яндекс планировали, что владельцы сайтов перенаправят деньги, которые до этого тратились на закупку SEO-ссылок, на реальное улучшение ресурсов. Однако использование таких ссылок остается актуальным до сих пор. Тем не менее, единственным верным направлением является развитие сайта, системное улучшение контента, сервиса и дизайна.

2 февраля 2016 года Яндекс запустил алгоритм «Владивосток» [12]. В соответствии с данным алгоритмом поисковая система стала учитывать в результатах поисковой выдачи адаптивность сайта под мобильные устройства.

Также Яндекс сообщил, каким требованиям должна соответствовать страница такого сайта: контент должен быть оптимизирован под размеры экрана смартфона, не должно быть горизонтальной прокрутки, тогда пользователю не придется увеличивать шрифт для просмотра страницы и скролить ее влево-право; на сайте должно быть элементов, не поддерживаемых мобильными браузерами (java-апплеты, flash и т.д.).

2 ноября 2016 года Яндекс запустил новый алгоритм «Палех» [13]. Данный алгоритм работает с использованием искусственных нейронных сетей и позволяет более точно понимать, о чем его спрашивают люди. По данным статистики Яндекс каждый день отвечает примерно на 280 миллионов запросов, примерно около 100 миллионов из них уникальны или задаются очень редко [13]. Именно на эти запросы нейронная сеть и помогает подобрать более точный ответ, т.к. по ним нет поведенческой статистики, а, следовательно, работа с ними более сложная. К таким запросам часто относятся вопросы детей, еще не освоившихся с поисковой системой и общающихся с ней, как с живым человеком, например: «дорогой Яндекс посоветуй пожалуйста новые интересные мультфильмы про фей». Или запросы людей про фильмы или книги: «фильм в котором человек выращивает картошку на Марсе» («Марсианин»). Данная модель, основанная на нейронных сетях, обладает огромным потенциалом и в перспективе способна «понимать» семантическое соответствие между запросами и документами на уровне, сопоставимом с человеческим.

Анализ алгоритмов Google. Еще в 2014 году Google объявлял о необходимости ресурсов переходить на защищенный протокол HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure [14]). Это позволило бы обеспечить лучшее ранжирование сайта в результатах поисковой выдачи. Данный аспект связан с тем, что Google планирует постепенно относить сайты на HTTP (HyperText Transfer Protocol) к числу «потенциально небезопасных».

Также в 2016 году Google ввел фактор адаптивности страниц ресурса под мобильные устройства. Такие страницы имеют более высокий рейтинг в результатах поисковой выдачи. Кроме того стала очень важной скорость загрузки сайта. Пользователи не готовы ждать более 3 секунд, и если сайт не загружается за это время, то 40 % посетителей покидает его [15]. Каждая секунда загрузки снижает уровень конверсии на 7 % [16]. Как следствие, сайты с высокой скоростью загрузки вызывают доверие посетителей, имеют более хорошие поведенческие факторы и,

соответственно, более высокие позиции в результатах поисковой выдачи.

Количество встроенных алгоритмов в поисковую систему Google увеличивается. Одним из интересных нововведений стал в 2012 году алгоритм «Пингвин» («Penguin»), который позже неоднократно обновлялся [17]. Суть алгоритма заключалась в борьбе с неестественными SEO-ссылками.

В 2013 году был запущен алгоритм «Колибри» («Calibri») [17], главной задачей которого стало более точное понимание запросов пользователей. Для качественной совместной работы сайта и данного алгоритма необходимо предоставлять более качественную и обширную информацию, а не использовать только продвижение по ключевым словам.

В 2015 году был запущен алгоритм RankBrain [17], в основе которого используются искусственные нейронные сети. Алгоритм научился угадывать запросы пользователей по логическим цепочкам, связывая слова из запросов между собой и выдавая правильный ответ. Google стал ориентироваться не только на ключевые слова, но и на смысл запросов в целом, основываясь на семантическом анализе. Таким образом, алгоритм RankBrain успешно обрабатывает уникальные запросы, количество которых составляет примерно 16–20 % от общего количества запросов в Google [15].

Выводы. В статье были рассмотрены нововведения в алгоритмах поисковых систем Яндекс и Google. На основе приведенного анализа можно заключить, что поисковые системы стали негативно относиться к сайтам, использующим покупные искусственные SEO-ссылки, их рейтинг в результатах поисковой выдачи стал падать. Важной стала адаптированность страниц сайтов под мобильные устройства. Поисковые системы стали использовать искусственные нейронные сети, в перспективе способные «понимать» семантическое соответствие между запросами и документами на уровне, сопоставимом с человеческим. Все это означает, что поисковые системы дают все более точные ответы на запросы пользователей, а искусственная накрутка показателей в результатах поисковой выдачи становится все менее возможной и зачастую имеет противоположный эффект, поисковая система понижает рейтинг таких сайтов. Соответственно единственным верным способом продвижения сайта является его развитие, системное улучшение контента, сервиса, дизайна, оптимизация ресурса под мобильные устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chu H., Rosenthal M. Search Engines for the World Wide Web: A Comparative Study and Evaluation Methodology // Proceedings of the Annual Meeting-American Society for Information Science. 1996. Vol. 33. P. 127-135.
2. Tarakeswar M.K., Kavitha M.D. Search Engines: A Study // Journal of Computer Applications (JCA). 2011. Vol. 4, №1. P. 29-33.
3. Ашманов И.С., Иванов А.А. Продвижение сайта в поисковых системах. ИД Вильямс, 2011. С. 71.
4. Рейтинг поисковых систем [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.gs.seo-auditor.com.ru/sep/> (дата обращения: 27.02.2017)
5. Пестерев П.В., Рудюк А.П., Янишевская А.Г. Перспективы развития поисковых систем Рунета на основе обзора алгоритмов Яндекса / Информационные технологии в науке и производстве: материалы Всерос. молод. науч.-техн. конф. (Омск, 9-10 февр. 2015 г.) / М-во образования и науки РФ, ОмГТУ; М-во образования Омской обл. // Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. С. 38-41.
6. Новый персональный поиск Яндекса [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: https://yandex.ru/company/press_releases/2013/0530/ (дата обращения: 27.02.2017)
7. Яндекс дает персональный ответ [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: https://yandex.ru/company/press_releases/2012/1212 (дата обращения: 27.02.2017)
8. Острова Яндекса [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://yandex.ru/blog/company/66690> (дата обращения: 27.02.2017)
9. Новый этап в борьбе со спамом [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://yandex.ru/blog/webmaster/20143> (дата обращения: 27.02.2017)
10. Алгоритм «Минусинск» [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://yandex.ru/support/webmaster/yandex-indexing/algorithm-minusinsk.xml> (дата обращения: 27.02.2017)
11. Ortiz-Cordova A., Jansen B.J. Classifying Web Search Queries in Order to Identify High Revenue Generating Customers // Journal of the American Society for Information Sciences and Technology. 2012. P. 1426 – 1441.
12. Оптимизация для мобильных – теперь фактор ранжирования [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://yandex.ru/blog/webmaster/optimizatsiya-dlya-mobilnykh-teper-faktor-ranzhirovaniya> (дата обращения: 27.02.2017)
13. Алгоритм «Палех»: как нейронные сети помогают поиску Яндекса [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://yandex.ru/blog/company/algorithm-palekh-kak-neyronnye-seti-pomogayut-poisku-yandexa> (дата обращения: 27.02.2017)
14. Secure Your Site with HTTPS [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://support.google.com/webmasters/answer/6073543> (дата обращения: 27.02.2017)
15. Шулгина Е. SEO-тренды в Google – 2017 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://artvision.pro/seo-trendy-v-google-20176073543> (дата обращения: 27.02.2017)
16. Федотова Ю. Время загрузки сайта – влияние на настроение пользователей [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://blog.getgoodrank.ru/vremya-zagruzki-sajta-vliyanie-na-nastroenie-polzovatelej/> (дата обращения: 27.02.2017)
17. Google Algorithm Change History [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://moz.com/google-algorithm-change#2012> (дата обращения: 27.02.2017).

Pesterev P.V.

ANALYSIS OF IMPROVEMENTS IN THE SEARCH ENGINE ALGORITHMS OF YANDEX AND GOOGLE

The article describes improvements in the search engine algorithms of Yandex and Google. It is analyzed and presented the main directions of improving the search engine algorithms. Based on the present principles of algorithms developers can raise their sites in the search engine results page (SERPs). The article can be useful to designers and web developers, students, undergraduates and postgraduates in the fields of information technology.

Key words: search engine, ranking sites, search engine algorithm, search resource, Google, Yandex.

Пестерев Павел Викторович, аспирант.

Омский государственный технический университет.

Адрес: Россия, 644042, Омск, пр. Карла Маркса, д. 37

E-mail: scoolptor@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/24625

*Карамышев А.Н., канд. экон. наук, доц.,
Казаева М.С., студент,
Абросимова Е.В., препод.,
Федоров Д.Ф., препод.
Казанский федеральный университет*

АНАЛИЗ ПРОЦЕССНОЙ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

antonkar2005@yandex.ru

Бережливое производство является одной из самых распространенных методологий процессного управления, методы и наработки которой во многом определяют конкурентоспособность ведущих мировых компаний. Методология «Бережливое производство» ориентирует предприятие на максимальное удовлетворение потребностей клиентов за счет устранения всех видов потерь и концентрации внимания на ключевых бизнес-процессах. Особый интерес представляют принципы методологии, поскольку ими руководствуются при принятии управленческих решений. В статье рассмотрены принципы и основные методы бережливого производства, выявлены преимущества и недостатки, а также особенности применения методологии.

Ключевые слова: процессное управление, бережливое производство, промышленность, философия менеджмента, машиностроение.

Введение. В основе данной методологии лежит понятие ценности для потребителя (т.е. характеристики товарной продукции или услуги). Концепция данной методологии предполагает разделение всех видов деятельности предприятия на непосредственно создающие ценность для потребителя (т.е. формирующие характеристики товарной продукции или услуги) и все остальные. На процессах, формирующих ценность для потребителя, должно быть сосредоточено повышенное внимание управленцев и рядового персонала. Затраты на процессы, не создающие ценности для потребителя, должны быть минимизированы [1].

Методология бережливого производства была сформулирована Тайити Оно в послевоенной Японии в 50-х годах 20 века [2]. Результатом применения принципов бережливого производства является уникальная производственная система «Toyota», которая позволила японской машиностроительной корпорации «Toyota Motors Corporation» в 2015 году стать самой дорогой автомобилестроительной компаний мира [3]. Существенный вклад в развитие данной методологии внес японский инженер Сигео Синго, предложивший метод быстрой переналадки оборудования [4].

Основной текст. На данный момент принципы бережливого производства следующие [5]:

1. Ценность для потребителя. Под этой ценностью понимается товар или услуга в некоторой ценовой категории, способные удовлетво-

рить потребности клиента. Только потребитель определяет ценность товара для себя. При производстве продукции необходимо смотреть на все бизнес-процессы с позиции конечного потребителя.

2. Определение и оптимизация потока создания ценности. При производстве продукции выполняется совокупность действий, результатом которых является готовый продукт. При этом неизбежны потери, к которым относятся перепроизводство, избыток запасов, транспортировка, простои, излишняя обработка, лишние движения, брак и дефекты. Основная цель данного принципа состоит в избавлении от потерь, очищении потока создания ценности от всего лишнего.

3. Организация движения потока. Этот принцип предполагает перестройку производственных процессов на единичный поток заготовок, отказ от производства партий изделий. Предполагается сведение всех запасов материалов, сырья, незавершенного производства, запасов между операциями к минимуму. Идеальной целью данного принципа является полное исключение запасов предприятия. Реализация принципа предполагает непрерывное поштучное движение заготовки от одного станка к другому в соответствии с технологическим процессом. Результатом применения принципа является уменьшение объемов оборотного капитала, потребности в складской и сопутствующей логистической инфраструктуре.

4. «Вытягивание» продукта. Под этим понимается способность потребителя получить товарный продукт в тот момент, когда возникла необходимость. А предприятие должно осуществить производство данного продукта для этого покупателя таким образом, чтобы период времени между производством продукта и его покупкой был минимальным. На предприятии этот принцип был реализован под названием «Just-in-time» («точно в срок»), согласно которому все виды ресурсов должны быть поставлены к процессу-потребителю в тот момент, когда возникла потребность.

5. Совершенство. Процесс совершенствования технологий производства и выполнения работ должен быть, в соответствии с данным принципом, непрерывным.

Основными методами реализации принципов бережливого производства являются:

1. «Канбан». Данный метод предполагает использование карточек «канбан» для визуального информирования процессов-поставщиков о необходимости немедленной поставки ресурсов [6].

2. «Кайдзен». Данный метод предполагает максимальное вовлечение сотрудников организации в непрерывное усовершенствование стандартизованных процессов. Вовлечение осуществляется посредством ряда инструментов, среди которых можно выделить открытое признание существующих проблем, публичное их обсуждение, создание кайдзен-команд для их решения, тиражирование успешного опыта в масштабах всей компании [7].

3. «5S». Данный метод предполагает рациональную организацию рабочего места. Реализуется посредством размещения только нужных вещей, организации их хранения наиболее удобным способом и разработки стандарта хранения, обеспечения чистоты рабочего места и воспитания привычки строгого выполнения установленных стандартов (хранения, выполнения технологических операций, взаимодействия с коллегами) для каждого рабочего места [8, 9].

4. «Быстрая переналадка» («SMED»). Данный метод предполагает осуществление переналадки оборудования в минимально возможные сроки (в литературе часто указывается период времени не более 10 минут) [10].

5. «Защита от ошибки» («Пока-ёкэ»). Данный метод предполагает ряд технических приемов, позволяющих выполнить операцию на рабочем месте единственным правильным образом и исключить неправильные способы.

6. «Андон» («Andon»). Данный метод предполагает использование визуальных и звуковых сигналов на всех этапах выполнения производ-

ственных процессов для информирования руководителей о возникновении проблем и оперативного их решения. При этом осуществляется приостановка выполнения бизнес-процесса до решения проблемы [10].

7. «Всеобщий уход за оборудованием» («TPM»). Данный метод предполагает непрерывный поиск способов более эффективного обслуживания технологического оборудования, их широкого применения на практике, а также устранения всех видов потерь, связанных с оборудованием [3, 5].

Преимуществами методологии являются: а) акцентирование внимания на бизнес-процессы, формирующие 60–80 % себестоимости товарной продукции, и их быстрая оптимизация; б) достаточно простые в изучении теоретические основы применяемых методов; в) высокая экономическая эффективность внедрения методологии; г) минимизация размера оборотного капитала компании; д) повышение уровня управляемости основных бизнес-процессов.

Недостатками методологии являются: а) высвобождение большого количества трудовых резервов; б) отсутствие методов стандартизации результатов производственных операций; в) игнорирование вспомогательных бизнес-процессов; г) высокие требования к процессам поставки необходимых материальных ресурсов.

Выводы. На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В основе методологии бережливого производства лежит понятие ценности для потребителя. Принятие управленческих решений осуществляется на основе оценки ценности для потребителей продукции возможных изменений в деятельности компании. Особое внимание уделяется анализу потока создания ценности, под которым понимаются преимущественно производственные и логистические процессы.

2. Принципы бережливого производства реализуются методами «Канбан», «Кайдзен», «5S», «Быстрая переналадка», «Защита от ошибки», «Андон», «Всеобщий уход за оборудованием». Реализация данных методов позволяет оптимизировать производственные процессы и повысить их качество, уменьшить производственные запасы.

3. Методология акцентирует внимание управленцев на анализе и оптимизации наиболее затратных бизнес-процессов предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эндрю Штайн. Философия Lean. М.: АБ Пабблишинг, 2014. 50 с.

2. Тайити Оно. Производственная система Тойоты. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. 312 с.

3. Джеффри Лайкер. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. Москва : Альпина Паблишер, 2015. 398 с.

4. Сигео Синго. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. 312 с.

5. Джеймс П. Вумек, Дэниел Джонс. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М.: Альпина Паблишер, 2013. 472 с.

6. Японская Ассоциация Менеджмента. Канбан и точно вовремя на Toyota: Менеджмент

начинается на рабочем месте. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 217 с.

7. Масааки Имаи. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества. М.: Бизнеском, 2010. 352 с.

8. Хирано Хироюки. 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. 160 с.

9. Том Фабрицио, Дон Тэппинг. 5S для офиса. Как организовать эффективное рабочее место. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. 214 с.

10. Джон Шук, Майкл Ротер. Учитесь видеть бизнес-процессы: Практика построения карт потоков создания ценности. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 144 с.

Karamyshev A.N., Kazaeva M.S., Abrosimova E.V., Fedorov D.F.

«LEAN PRODUCTION» PROCESS-BASED MANAGEMENT METHODOLOGY ANALYSIS

Lean production is one of the most popular methodologies of process-based management, its methods and best practice largely determine competitiveness of the world's leading companies. "Lean Production" methodology focuses a company on maximizing customer satisfaction by eliminating all types of waste and focusing on key business processes. Principles of the methodology are of particular interest as they are used as guides when making management decisions. The article describes principles and main methods of lean production, shows advantages and disadvantages of the methodology, as well as peculiarities of its implementation.

Key words: process-based management, lean production, industry, management philosophy, machine building.

Карамышев Антон Николаевич, кандидат экономических наук, доцент.
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета.
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19.
E-mail: antonkar2005@yandex.ru

Казаева Мария Сергеевна, студент.
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета.
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19.
E-mail: masynya14@mail.ru

Абросимова Екатерина Валерьевна, преподаватель.
Набережночелнинский колледж Казанского федерального университета.
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19.
E-mail: k.abrosimova.93@inbox.ru

Федоров Дмитрий Федорович, преподаватель.
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета.
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19.
E-mail: fedoroff.dmitrij@yandex.ru

Чижова Е.Н., д-р экон. наук, проф.
Веснина О.О., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СТАНОВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПУТЕМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

sb.rf.31@yandex.ru

На сегодняшний день создание благоприятных условий для развития строительной отрасли является ключевым фактором его выживаемости и способности к воспроизводству. Стать участником внутреннего и глобального рынков для строительного комплекса означает внесение существенного вклада в конкурентоспособность национальной экономики. Одним из направлений повышения инновационного потенциала предприятия и обеспечения его успеха в конкурентной борьбе становится формирование инновационной среды. В ходе исследования установлено, что передовым инструментом реализации инновационного подхода в строительной отрасли выступает объединение в кластеры, представляющие собой целостный экономический организм. При этом развитию кластерной инициативы способствует выстраивание взаимоотношений и связей между элементами инновационной среды.

Ключевые слова: инновационная среда, строительная отрасль, строительный кластер, региональная экономическая система, инновационная восприимчивость.

Создание определенной инновационной среды и генерирование мощной национальной экономической системы является неотъемлемым элементом инновационной политики государства при переходе общества в постиндустриальную информационную эпоху. Быстрое распространение данных посредством сети Интернет позволяет произвести сравнительный анализ в отношении отраслей народного хозяйства и процесса интеграции инфраструктуры геоэкономики. Парадокс: имея одинаковый доступ к мировым знаниям, так различны по странам результаты воспроизводства и внедрения инноваций. Затраты на разработки качественно новых товаров и технологий во второй половине XX века были высоки во многих странах, однако лишь две – Швейцария и США смогли стать лидерами и во многом опередить конкурентов в получении международных патентов на изобретения [4].

Макросистемы и ИТ – технологии, вызванные информационной глобализацией, способствуют появлению новых производств и форм обслуживания, новых моделей экономических отношений. Возникают новые рынки товаров и услуг, в частности электронная торговля, посредством всемирной сети Интернет, изменяющие организацию экономических процессов. Глобализация коснулась и строительной отрасли: территориальная удаленность теперь не является основным препятствием для производственного сотрудничества, скорее наоборот, представляет собой стимул для развития региональных экономических систем и своевременного моделирования перспективных состояний управленческих решений [7; 16]. Реформация

мышления от «человека рационального» к «человеку творческому», главный ресурс которого компетенции и информация, приводит к иному осмыслению успеха: «для того, чтобы оставаться на месте, нужно бежать, а для того, чтобы двигаться вперед, нужно бежать в два раза быстрее» [5]. Основную роль в становлении новой экономики, сопровождаемой научно-техническим прогрессом, большинство исследователей в отечественной и зарубежной литературе отводят инновациям, существенно повышающим уровень действующей социально-экономической системы за счет высокой эффективности внедренного новшества, например, товара или услуги [21].

Понятие «инновация» ввел в терминологический оборот Й. Шумпетер, интерпретируя его как главный источник прибыли, получаемый при выполнении «новых комбинаций» производственных факторов [13]. Данная точка зрения не является исчерпывающей: в экономической литературе насчитываются десятки различных трактовок. Наиболее распространенное определение нашло свое отражение в Федеральном Законе от 21.07.2011 г. №254-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "О науке и государственной научно-технической политике"» [1]. Инновационность экономики требует инновационной среды. Она понимается исследователями по-разному.

По мнению З.Н. Шуклиной и И.Н. Мельниковой, инновационная среда – это «гармоничная совокупность объектов, субъектов и сил, активизирующих деятельность по разработке, внедрению и эффективному использованию инноваций» [22]. Подобной мысли придерживается

Е.В. Забуга [16], А.А. Нестеров [19] и ряд других авторов. Достаточно в узких границах видит инновационную среду А.Ф. Мартынов, подразумеваемая совокупность производственного, кадрового, информационного, финансового и научно-исследовательского потенциалов [6]. Следовательно, инновационная среда охватывает весь инновационный процесс и влияет на реализацию инновационного потенциала строительного комплекса. В свою очередь предприятие, обладающее значительным инновационным потенциалом, считается инновационно восприимчивым или инновационно активным и способным выполнять задачи, обеспечивающие достижение инновационных целей благодаря следующим показателям:

- производственной мощности предприятия,
- финансовым и трудовым ресурсам,
- мобильностью принятия стратегических установок в соответствии с требованиями рынка [10].

По нашему мнению, под инновационной средой в общем виде можно понимать совокупность объективно заданных факторов (условий), влияющих прямым или косвенным образом на осуществление инновационной деятельности динамично развивающейся экономической системы. Традиционным представлением внешней

среды организации в научной литературе является совокупность социальной, технологической, экономической и политической сред, окружающих инновационный процесс (СТЭР/ПЭСТ), анализ которой происходит посредством инструмента, имеющего название «схема PESTEL» (аббревиатура составлена из первых букв ключевых сегментов макросреды: Р – политический, Е – экономический, S – социокультурный, Т – технологический, Е – экологический, L – правовой) [2; 12]. Внешняя среда характеризуется неопределенностью, сложностью, неравновесностью, что вызывает крайнюю необходимость ее изучения с целью подстраивания стратегии производства в соответствии с полученными результатами.

Внутренняя среда организации объединяет в себе следующие основные компоненты: производство, маркетинг, трудовые ресурсы и инновационную культуру, анализ которых позволяет установить внутренние возможности, чтобы не допустить влияния негативных факторов макросреды на слабые стороны фирмы, способных привести к угрозам банкротства и ликвидации.

Классификация факторов предполагает распределение на группы, позволяющие глубже и детальней разобраться в причинах изменений инновационной среды (табл. 1).

Таблица 1

Факторы формирования инновационной среды [12; 22]

Наименование фактора	Внешняя среда	Внутренняя среда
Характер влияния на инновационную деятельность	Косвенный	Прямой
Способ воздействия на предприятие	Элементы макросреды	Сотрудничество с целевыми контрагентами
Сегмент окружения	Стратегические зоны хозяйствования	Инновационная культура организации
Природа возникновения	Субъективная	Объективная
Основная роль в инновационной сфере	Рынок капитала (инвестиций), Рынок новшеств, Рынок чистой конкуренции (инноваций)	Связи, образуемые состоянием элементов фирмы
Особенность формирования конкурентных преимуществ	Звенья инновационной инфраструктуры и административной системы, обслуживающие инновационный процесс	Внутрифирменные отношения

Реализация производства строительных материалов осуществляется в производственно-технологических системах. Это требует от стро-

ительной отрасли, чтобы она была частью экономической системы с установленными правилами, законами, кодексами, регулирующими

экономические отношения с целью получения максимальных результирующих показателей. Главным образом этой экономической системой является регион. Построение новой экономики в России базируется на различных подходах к осмыслению стратегий управления регионами, в том числе на основе воспроизводственного подхода, позволяющего рассматривать региональный уровень как единую целостную систему.

Особую популярность в отечественной и зарубежной литературе приобрели исследования строительной практики, сочетающей в себе организационно-финансовую и технологическую гибкость путем создания территориально-производственных кластеров, рассматриваемых с точки зрения нелинейной динамической системы, образованной функционально-производственными сетевыми структурами, ограниченными договорными обязательствами в хозяйственной практике, но обладающими юридической независимостью [17]. В качестве примера можно отметить строительство олимпийских объектов в г. Сочи, гостиничных комплексов в г. Владивостоке, образовательных центров в г. Барнауле.

Вопрос развития строительной отрасли на основе кластерных принципов является стратегически важным, поскольку связан с решением масштабных экономических задач, во многом определяющих развитие экономики страны в целом. Необходимым обстоятельством повышения эффективности строительного кластера является внедрение инновационных технологий и материалов, достигаемое путем формирования специальной (инновационной) среды.

Создание строительных кластеров и развитие кластерных инициатив сопряжено с принятием кластерной политики, которая должна учитывать особенности формирования социально-экономического пространства региона. Считаем правильной точку зрения И.Е. Рисина относительно содержания механизма реализации региональной кластерной политики, представляющего собой совокупность инвариантной (общей для любых кластеров) и специфической (индивидуальной для конкретного кластера) составляющих [9]. При этом несомненна высокая роль взаимодействия и скоординированности действий со стороны элементов инновационной среды в развитии кластерных инициатив (рис. 1).

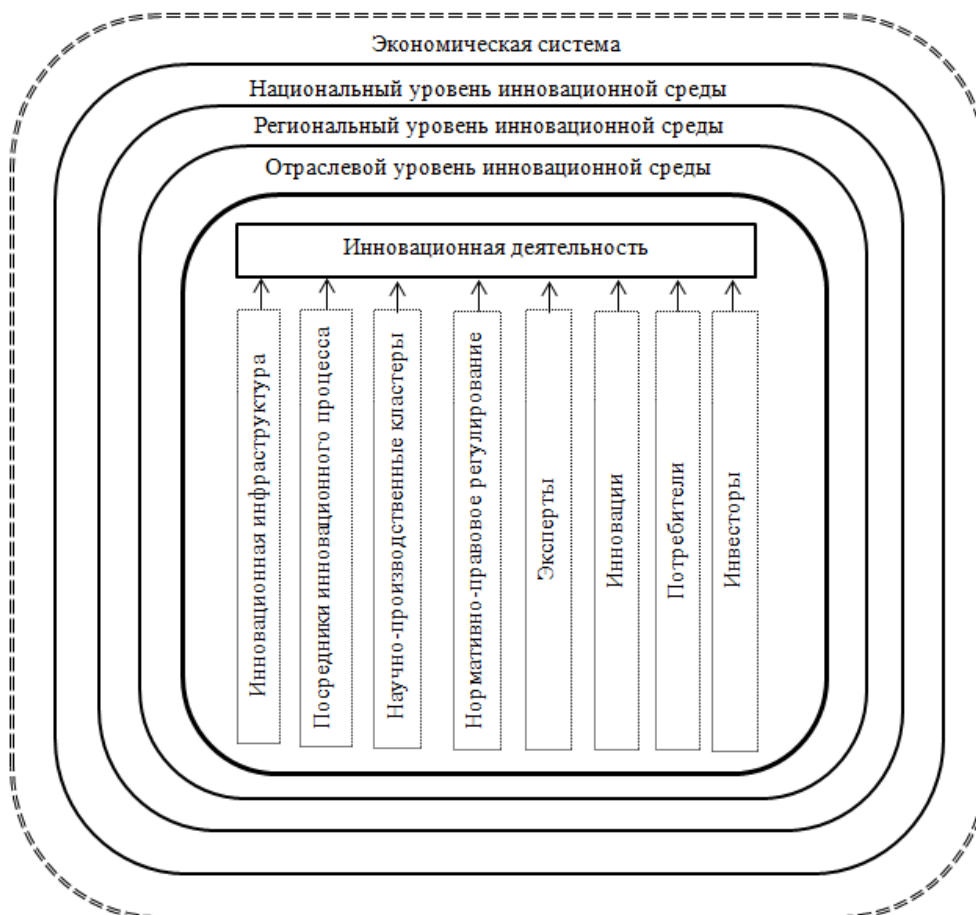


Рис. 2 Структура инновационной среды

Кластеризация строительной отрасли осуществляется с целью получения взаимной экономической выгоды путем добровольного кооперирования. Следовательно, строительное производство, обладая организационно-технологической спецификой деятельности, должно иметь гибкую (эластичную) внутреннюю структуру с адаптивным менеджментом и осуществляться в соответствии с определенными принципами:

- иерархичности (кластер не нарушает целостность региональной экономической системы);
- подчиненности принятой стратегии социально-экономического развития региона;
- адаптивности системы управления кластером к условиям макро- и микросреды;
- минимизации издержек за счет использования собственных трудовых ресурсов [8].

Соблюдение вышеуказанных принципов, на наш взгляд, позволит внести упорядоченность и согласованность в деятельность строительного кластера. Однако, как и формирование любой другой экономической системы, его развитие сопряжено с рядом проблем: недостаточным уровнем инвестиционных ресурсов, неразвитой инновационной средой, дефицитом квалифицированного персонала, техническим отставанием, решение которых во многом связано с согласованностью его участников в части разработки эффективной кластерной политики, обеспечением открытости информации в части спроса и предложения на товары, работы, услуги, сопровождением коммуникаций с венчурными фондами и бизнес-инкубаторами.

Исследования показывают, что при формировании стратегии развития строительной отрасли необходимо учитывать множество факторов, применять комплексный подход к созданию инновационной среды, обеспечивающей инновационную восприимчивость экономических агентов и способствующей реализации их инновационного потенциала. Необходимость выявления сильных и слабых сторон строительного комплекса обусловлена влиянием факторов макро- и микросреды, анализ которых, по мнению авторов, целесообразно проводить посредством отнесения их к соответствующим группам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 21 июля 2011 г. N 254-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О науке и государственной научно-технической политике" // Российская газета от 25.05.2016.
2. Алексеев А.Н. Инновационный менеджмент. М.: МИЭМП, 2008. 48 с.
3. Гришин В.В. Управление инновационной деятельностью в условиях модернизации национальной экономики: учебное пособие. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2015. 368 с.
4. Киселева В.В., Колосницына М.Г. Государственное регулирование инновационной сферы: учеб. пособие. М.: ГУ ВШЭ, 2008. 402 с.
5. Кэрролл Л. Приключения Алисы в Стране Чудес; Алиса в Зазеркалье: сказки. Минск: Юнацтва. 1991. 206с.
6. Мартынов А.Ф. Управление ресурсным обеспечением инновационно-активных экономических систем. ЭПОС. 2008. №1. С. 113–116.
7. Международные экономические отношения : учебник / А.К. Бондарев, С.М. Дроздов, А.И. Евдокимов и др. // С.-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов; под ред. А.И. Евдокимова. Москва : Проспект. 2013. 655 с.
8. Мокрушин А.А. Взаимодействие вертикально интегрированных корпораций с региональными экономическими системами современной России: функции, формы, стратегии управления. М.: Вузовская книга, 2011, 256 с.
9. Рисин И.Е. Региональная кластерная политика: содержание и механизм реализации. Воронеж, ВГПУ, 2014. 112 с.
10. Рудычев А.А., Никитина Е.А., Гавриловская С.П., Гетманцев А.А. Проблемы формирования модели оценки инновационного потенциала как фактора повышения конкурентоспособности промышленного предприятия: монография. Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 94 с.
11. Фатхутдинов, Р.А. Стратегический менеджмент. СПб: Питер, 2008, 368 с.
12. Херстатт К. Управление технологией и инновациями в Японии. М.: Волтерс Клувер, 2009. - 512 с.
13. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. М.: Прогресс. 2008, 401 с.
14. Бондаренко В.В., Шабанов Ю.М. Управление формированием инновационной среды в корпоративной культуре организации // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. №24. С. 30–33.
15. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, значение, импакт-факторы и способы оптимизации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. №2 (50). С. 127–131.
16. Забуга Е.В. Инновационная среда кластера // Современные технологии управления.

[Электронный ресурс]. URL: <http://sovman.ru/article/4703/> (дата обращения 01.02.2017).

17. Кулакова Л.И. Кластерный подход – основа эффективного развития регионов // Российское предпринимательство. 2013. №22 (24). С.121-130.

18. Нельсон Р.Р., Уинтер С. Дж. Эволюционная теория экономических изменений, 2002. 540 с.

19. Нестеров А.А. Инновационная среда экономических систем: структура, оценка и управление // Инновации. Инвестиции, 2012. №9 (45). С.37.

20. Страхова А.С., Унежева В.А. Инновационные технологии в строительстве как ресурс экономического развития и фактор модернизации

экономики строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 263–273.

21. Чиждова Е.Н., Брежнев А.Н., Кондрашова Е.А. Основные виды показателей качества инновационного проекта и требования к их выбору // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 119-121.

22. Шуклина З.Н., Мельникова И.Н. Факторы формирования инновационной среды // Вестник Брянского государственного университета. 2012. №3 (2). С. 239-241.

23. Higher Education: Student at the Heart of Sistem / Department for Business, Innovation and Skills. London: TSO. P.39.

24. New economy: innovation insight into Russia // Center of Strategic Partnership. – Moscow: Liga-Print. 2008. 223 p.

Chizhova E.N., Vesnina O.O.

FORMATION OF THE INNOVATIVE ENVIRONMENT BY KLASTERIATION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Today creating favorable conditions for development of a construction industry is a key factor of its survival and a capability to reproduction. To become the participant of the internal and global markets for a construction complex means introduction of an essential contribution to competitiveness of national economy. Forming of the innovative environment becomes one of the directions of increase in innovative capacity of the entity and ensuring its success in competitive struggle. During the research it is established that as the advanced instrument of implementation of innovative approach in a construction industry consolidation in the clusters representing a complete economic organism acts. At the same time development of a cluster initiative is promoted by forming of relations and communications between elements of the innovative environment.

Key words: innovative environment, construction industry, construction cluster, regional economic system, innovative susceptibility.

Чиждова Елена Николаевна, доктор экономических наук, заведующий кафедрой теории и методологии науки. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: chizhova_elena@mail.ru

Веснина Ольга Олеговна, аспирант кафедры теории и методологии науки, менеджер по продажам эквайринга ПАО «Сбербанк».
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: sb.rf.31@yandex.ru

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ МАЛОЭТАЖНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ ПОД СОЦИАЛЬНОЕ ЖИЛЬЁ

infobelinvest2015@mail.ru

В статье рассматриваются опыт реализации инвестиционно-строительного проекта реконструкции малоэтажного административного здания под социальное жильё в поселке Борисовка Белгородской области. Представлены результаты комплексного анализа развития территории поселка Борисовка с выделением не использующихся по своему назначению зданий, которые следует реконструировать. На примере одного административного здания изучена экономическая и техническая возможность реконструкции. Предложены экономические и технические решения позволяющие оптимизировать процесс реконструкции.

Ключевые слова: реконструкция, экономические решения, технические решения, опыт реализации.

Социально-экономическое развитие любой территории базируется на параметрах долгосрочного развития территории (планах развития). В настоящее время все чаще возникает необходимость учета в планах развития территории, любого населенного пункта, возможности перепланировки и реконструкции зданий существующей застройки. Возможные сценарии реконструкции зданий, в свою очередь, определяются критериями существующих потребностей населения [1].

Борисовка – посёлок городского типа, административный центр Борисовского района Белгородской области России, население – 13 661 чел. По меркам посёлков и малых городов нашей страны Борисовку можно отнести к посёлку городского типа с развитой инфраструктурой и достойным уровнем жизни. Посёлок находится на расстоянии 37 км от областного центра – г. Белгород. Есть поликлиника, больница, парк, спортивный комплекс, техникум, 4 средних школы, 3 детских сада, рынок, магазины, дом культуры, кинотеатр, заповедник

«Лес на Ворскле». Формирование планировочной структуры поселка Борисовка определено природно-ландшафтными условиями и историческими предпосылками, современное состояние предопределяет необходимость и направления дальнейшего развития территории. Экономическое развитие поселка осуществляется благодаря следующим предприятиям: Фабрика художественной керамики; Мебельная фабрика (ныне жилой многоквартирный дом, с 2008 года); Завод мостовых металлоконструкций (БЗММК); Типография (ныне краеведческий музей); Консервный завод.

Проведенный комплексный анализ развития территории поселка Борисовка позволил выявить несколько малоэтажных не использующихся по своему назначению зданий, на которые следует обратить внимание с целью их реконструкции. Они занимают центральные места на улицах населённого пункта, также представляют собой техногенную опасность, т.к. являются непригодными в силу своего технического состояния (см. рис.1, 2, 3).



Рис. 1. Здание на улице Коминтерна ,39 а/1



Рис. 2. Здание бывшего детского сада на улице Советская, 2/а

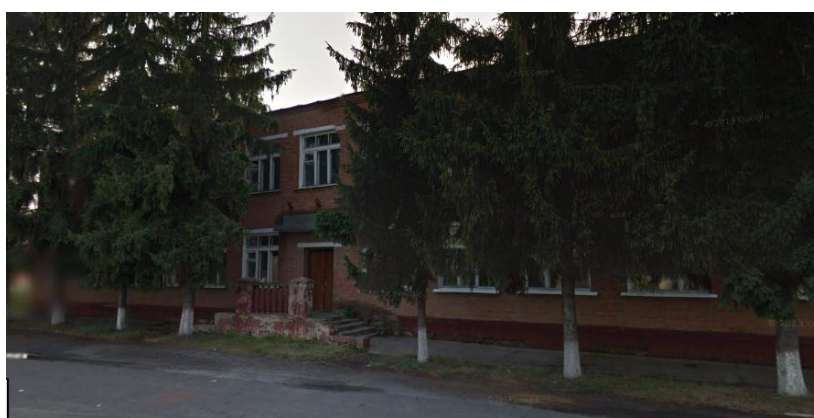


Рис.3. Административное здание на улице Первомайская, 94

На примере административного здания на улице Первомайская, 94 рассмотрим опыт реализации инвестиционно-строительного проекта реконструкции малоэтажного административного здания под социальное жильё. Данное здание - административное. Построено в 1972 г. Представляет собой двухэтажное и одноэтажное зда-

ние с чердаком, прямоугольное в плане, размером 15.0×40.0 м. План первого этажа реконструируемого здания до начала работ представлен на рис.4.

План второго этажа до начала реконструкции представлен на рис. 5

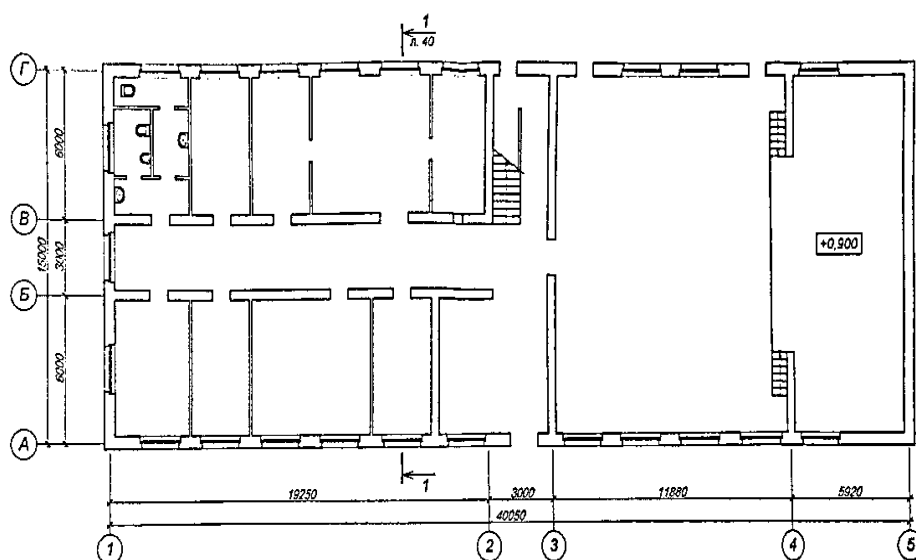


Рис. 4. План первого этажа реконструируемого здания до начала работ

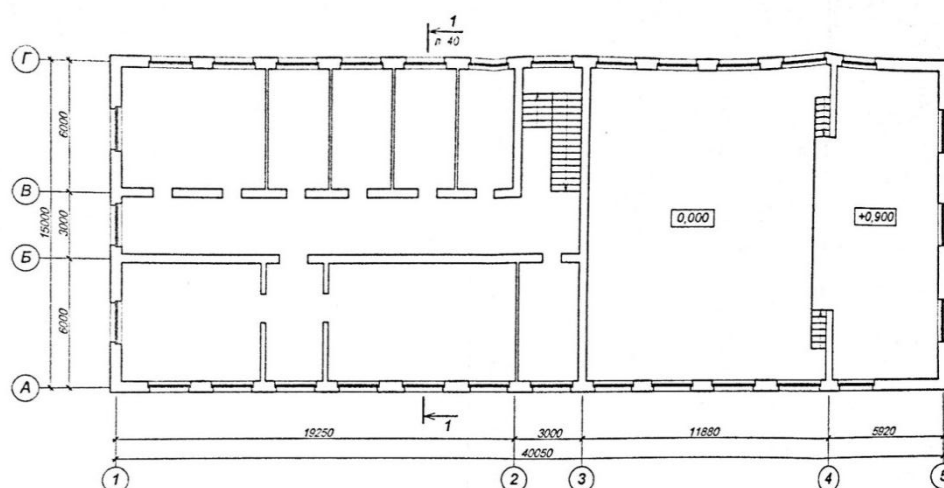


Рис. 5. План второго этажа до начала реконструкции

Фундаменты – монолитные ленточные, на естественном основании. Перекрытие из железобетонных плит и деревянное в коридоре 2-го этажа и над зрительным залом. Стены наружные кирпичные, несущие толщиной 510 мм, внутренние – 380 мм. Перегородки кирпичные. Кровля из оцинкованного металлического листа.

В пгт Борисовка имеется ряд предприятий промышленного назначения, общественные организации, индустрия гостеприимства, имеющие штат сотрудников, нуждающихся в социальном жилье. Строительство нового социального жилья требует от предприятий значительных капитальных вложений в строительство, развитие инфраструктуры, что требует отвлечения из оборота значительной части денежных средств. Решением данной проблемы является реконструкция уже существующих зданий под социальное жилье для сотрудников, что позволит снизить сроки строительства и величину капитальных вложений.

Рассматриваемое административное здание было реализовано на торгах по рыночной стоимости с учетом износа муниципалитетом ОГАУЗ «Санаторий «Красиво».

ОГАУЗ «Санаторий «Красиво» расположено по адресу: Белгородская область, Борисовский район, х. Никольский, 1 «а». Штат сотрудников в среднем составляет 50 человек, места жительства которых рассредоточены по всему Белгородскому району. Перед руководством Санатория «Красиво» стояла проблема предоставлением мест жительства сотрудникам вблизи их рабочих мест. Данное здание было приобретено Санаторием «Красиво» с целью его реконструкции и перевооружения в жилое.

В результате реконструкции планируется монтаж перекрытий в части актового зала для разбивки его на 2 жилых этажа. Кровля нужда-

ется в ремонте, но полностью заменять её не требуется, поэтому есть возможность смонтировать перекрытия без использования кранового механизма. Планируется произвести разбивку больших помещений, разделив тем самым их на несколько квартир. На первом этаже предполагается 10 квартир общей площадью 428,8 кв.м (см. рис.6), на втором – 11 квартир общей площадью 448,4 кв.м.(см. рис.7). Планируется осуществить проект реконструкции малоэтажного административного здания по адресу ул. Первомайская, 94 таким образом, чтобы заинтересовать сотрудников ОГАУЗ «Санаторий «Красиво» в приобретении квартир в данном здании.

Перекрытия планируется сделать сборно-монолитными. Сборно-монолитные перекрытия «ЮНИЛИТ» (далее СМП или перекрытие) см. рис.8.

При монтаже балки укладываются с шагом 600 мм. Длина опорной поверхности балки и стены - не менее 80 мм, балки и ригеля так же - не менее 80 мм. Балки на время монтажа и бетонирования должны иметь промежуточные временные опоры из досок сечением не менее 50×150 мм или инвентарных телескопических стоек (см. рис.9). Несущая способность перекрытия, на которое опираются временные опоры, должна быть не менее 400 кг/кв. м

Балки можно монтировать непосредственно на стену, толщина которой больше или равна 29 см. В таком случае концы балок должны монтироваться на бетон минимум марки М 200-250, толщина слоя раствора примерно 2 см.

Расположив балки, промежутки между ними заполняются полистирольными вкладышами, они укладываются с рабочих лесов или помостов. Уровень помостов должен быть примерно на 60 см ниже, чем нижний уровень балки (см. рис.10)



Рис. 6. План первого этажа после реконструкции



Рис. 7. План второго этажа после реконструкции



Рис. 8. Варианты сборно-монолитные перекрытия «ЮНИЛИТ»

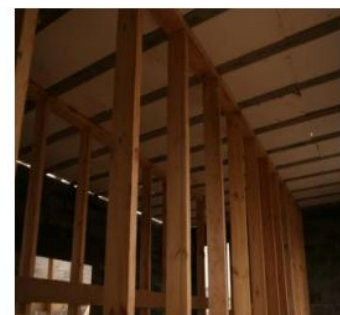


Рис. 9. Варианты монтажа промежуточных временных опор

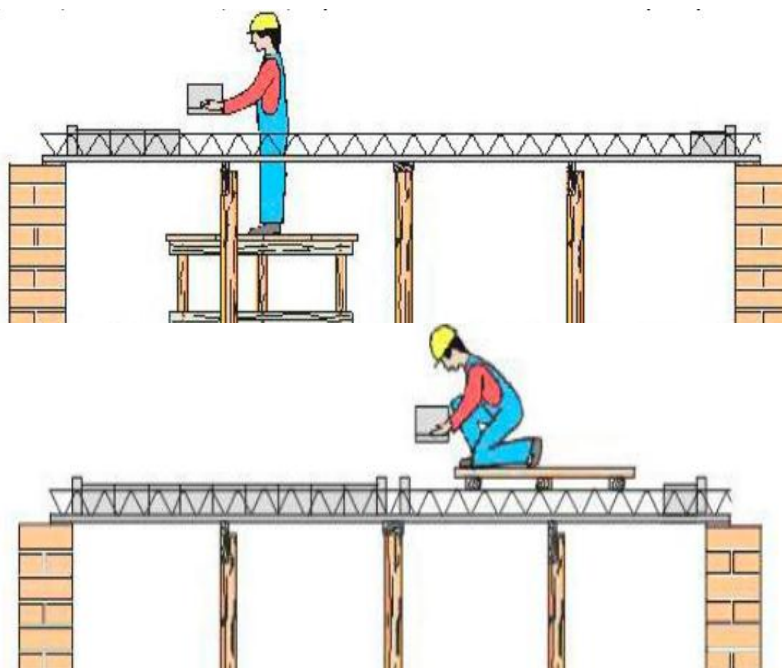


Рис. 10. Варианты производства строительно-монтажных работ

После раскладки вкладышей, перед заливкой бетоном, перекрытие необходимо накрыть армирующей сеткой. Бетонирование должно осуществляться при температуре выше нуля градусов С, бетон нужно регулярно увлажнять минимум 7 дней. Масса бетона в одно время должна заполнять полости, рёбра, панели (бетонный слой) и венцы, которые нужно бетонировать вместе с перекрытием. Бетонный слой должен быть нивелирован. Класс бетона должен соответствовать документации проекта и быть мелкозернистым тяжелым бетоном не ниже, чем В20 (М250). При реконструкции здания также следует утеплить наружные стены, провести фасадные работы. Разработанная система перекрытий как нельзя лучше подходит в данном случае, так как не требует больших машинозатрат по перевозке опалубочных элементов, трудозатрат при монтаже, так как нет надобности в разборе кровли для монтажа элементов перекрытия, что отвечает главным требованиям эффективности ведения работ по реконструкции зданий и сооружений.

Представленные технические решения по реконструкции малоэтажного административного здания под социальное жилье являются надежными и экономически оптимальными, так как позволяют сократить сроки и стоимость строительно-монтажных работ.

Экономическая эффективность реализации инвестиционно-строительного проекта реконструкции малоэтажного административного здания под социальное жилье для Санатория «Красиво» заключается в последующей реализации данных квартир сотрудникам санатория

по цене ниже средней стоимости квадратного метра в пгт Борисовка. Проанализировав состояние рынка недвижимости в пгт Борисовка на основании данных сайт www.domofond.ru, можно сделать вывод, что в среднем цена кв.метра на момент реконструкции составляет 45,3 тыс.руб. С целью финансирования проекта сотрудникам предполагается выдавать заемные средства для приобретения квартир по их залог. Сотрудникам санатория «Красиво» будут предоставляться беспроцентные займы на срок 10 лет для совершения покупки квартиры.

Себестоимость кв.м. реконструируемого объекта составляет 27770 руб./кв.м., продавать квартиры планируется за 43750 руб./кв.м.

30% стоимости квартиры сотрудники, получающие квартиры, обязаны внести самостоятельно. Однокомнатная квартира в реализуемом жилом доме имеет площадь в среднем 32,9 кв.м. При продажной стоимости в 43750 руб./кв.м. цена однокомнатной квартиры в среднем будет составлять 1439375 р. Следовательно, получим:

$$\frac{1439375 \cdot 0.7}{10} / 12 \text{ мес.} = 8396.35 \text{ р./мес.} - \text{обязательная выплата по кредиту.}$$

При средней заработной плате работника 25 тыс.руб. с учётом коммунальных платежей, составляющих 3 тыс.руб./мес., данная стоимость несущественно ударит по бюджету сотрудника, в то же время позволит реализовать данный проект с максимальной для инвестора прибылью.

В таблице представлен прогноз изменения показателей эффективности реализации проекта от стоимости кв.м. площади квартир.

Таблица

**Прогноз изменения показателей эффективности проекта от стоимости кв. м. площади
квартир жилого дома**

Параметр	Прогноз		
	Пессимистический (1 кв.м = 31 тыс.руб.)	Ожидаемый (1 кв.м = 36 тыс.руб.)	Оптимистический (1 кв.м = 40 тыс.руб.)
Чистый дисконтированный доход (NPV), руб.	254 630	3 777 270	8 180 560
Внутренняя норма доходности (IRR)	7%	15%	24%
Период окупаемости, лет	9,7	3,3	1,9
Индекс доходности	1.01	1,13	1,28

Реализуемый проект является актуальным исходя из ситуации на рынке недвижимости на данный момент. На рентабельность проекта влияет значимость его реализации для населения. Рентабельность проекта обеспечивается: беспрепятственным получением разрешительной документации; исключением затрат на инфраструктуру из себестоимости строительства жилья; последующим сохранением инженерной инфраструктуры в собственности инвестора, что позволит ему обеспечить рентабельность после заселения жильцов.

Стоимость квадратного метра жилья подобрана таким образом, что инвестор не остаётся в убытке, а сотрудники получают жильё на выгодных для них условиях. Это демонстрирует пример социальной миссии бизнеса. Реализуя квартиры по наиболее выгодным для своих сотрудников ценам, инвестор обеспечивает не только стабильность кадрового притока, но и выполняет социальную миссию – улучшает уровень жизни людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р.Г., Толстолицкая А.А. Оценка градостроительного потенциала промышленных территорий с учетом конъюнктуры рынка недвижимости в г. Белгород // Инновационная наука. 2016. № 2-1 (14). С. 11–13.
2. Абакумов Р.Г., Гасанова А.Ш.К. Инвестиционная политика Белгородской области // Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 12–15.
3. Рахматуллин А.Р., Абакумов Р.Г. Аспекты объемно-планировочных и конструктивных решений производственных зданий, определяющие эффективность их реконструкции и перепрофилирования // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Сборник материалов Международной

научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. 2015. С. 13–16.

4. Соколова Н.Ю., Абакумов Р.Г. Вопросы модернизации многоэтажных панельных зданий с целью повышения энергоэффективности, комфорта и безопасности проживания // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2015 сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции в 4-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 185–188.

5. Маликова Е.В., Абакумов Р.Г. Технологии реконструкции типовых многоэтажек // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Губанов В.С.. 2015. С. 216–221.

6. Медведева Ю.А., Абакумов Р.Г. Особенности и тенденции развития регионального рынка малоэтажного домостроения // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления материалы X международной научно-практической конференции. под ред. Ю.В. Вертаковой. 2015. С. 241–245.

7. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Реконструкция городского пространства. Классификация и основные принципы // Актуальные вопросы развития современного общества. Сборник научных статей 5-ой Международной научно-практической конференции. 2015. С. 24–26.

8. Белик А.И., Абакумов Р.Г. Реконструкция объектов жилой недвижимости // Актуальные вопросы развития современного общества. Сборник научных статей 5-ой Международной научно-практической конференции. 2015. С. 26–28.

9. Катен М.А., Абакумов Р.Г. Градостроительные аспекты повышения энергоэффективности // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2015. № 1 (6). С. 81–85.
10. Абакумов Р.Г., Скогорева О.С. Технологии реконструкции зданий и сооружений при управлении их воспроизводством // *Молодые ученые – основа будущего машиностроения и строительства*. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гречухин А.Н.. 2014. С. 10–14.
11. Абакумов Р.Г., Просяник О.С. Инновационные основы управления оптимальным вариантом воспроизводства городской территории // *Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014*. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2014. С. 122–125.
12. Коваленко Л.С., Абакумов Р.Г. Инновационные аспекты экономии при строительстве малоэтажного жилья в Белгородской области // *Инновации в строительстве глазами молодых специалистов*. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гладышкин А.О.. 2014. С. 149–153.
13. Абакумов Р.Г., Аридова С.В. Экономико-математическая модель оценки социально-экономического эффекта воспроизводства зданий // *Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014*. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2014. С. 17–19.
14. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Использование методов теории графов и комбинаторного анализа при определении оптимального порядка реконструкции группы зданий // *Юность и знания - гарантия успеха*. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Разумов М.С.. 2014. С. 25–28.
15. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Математическая модель определения оптимального времени начала реконструкции и перепрофилирования объекта коммерческой недвижимости // *Инновации в строительстве глазами молодых специалистов*. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гладышкин А.О.. 2014. С. 27–31.
16. Скогорева О.С., Абакумов Р.Г. Энергосбережение при строительстве, реконструкции эксплуатации многоэтажных домов // *Юность и знания - гарантия успеха*. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Разумов М.С.. 2014. С. 395–398.
17. Абакумов Р.Г. Методика расчета реинвестиций, обеспечивающих воспроизводство основных средств организации // *Образование, наука и современное общество: актуальные вопросы экономики и кооперации*. Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов: в 5 частях. 2013. С. 18–23.
18. Абакумов Р.Г. Инновационные инструменты управления воспроизводством основных средств организаций Белгородской области // *Фундаментальные исследования в естественно-научной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области*. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 3–8.
19. Абакумов Р.Г. Методические аспекты экономического обоснования выбора источников финансирования воспроизводства основного капитала // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2011. № 1. С. 110–112.
20. Абакумов Р.Г. Совершенствование принципов управления воспроизводством основного капитала // *Наука и бизнес: пути развития*. 2010. № 1. С. 18–19.
21. Абакумов Р.Г. Концепция совершенствования управления воспроизводством основного капитала // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2010. № 3. С. 127–133.
22. Абакумов Р.Г. Методические аспекты выбора методов воспроизводства основного капитала // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2010. № 1. С. 140–146.
23. Абакумов Р.Г. Концептуальные аспекты управления воспроизводством основного капитала в рамках зарубежного опыта // *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2010. № 2. С. 172–176.
24. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основного капитала как условие инновационного пути развития экономики // *Креативная экономика*. 2009. № 11. С. 3–9.
25. Коваленко Т.Л., Абакумов Р.Г. Проявление инноваций в инвестиционно-строительной деятельности // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2016. № 1 (11). С. 126–130.
26. Остапенко А.С., Абакумов Р.Г. Оценка процесса инновационного воспроизводства основных средств, базирующегося на инвестици-

ях// Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 201–205.

27. Разумная Е.А., Абакумов Р.Г. Инновационные инструменты расширенного воспроизводства доступного жилья в регионах // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 220–225.

28. Шелайкина А.Н., Абакумов Р.Г. Управление инвестиционными рисками в строительстве // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 314–318.

29. Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю. Методы оценки эффективности инновационных проектов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 9–13.

30. Абакумов Р.Г., Криволапова В.В. Обоснование эффективности государственного участия в решении вопросов эффективного развития индивидуального жилищного строительства// Инновационная наука. 2016. № 2-1 (14). С. 7–9.

31. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н. Экономико-математическое моделирование проектирования состава основных средств и технологий их использования в организации // Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр. 2015. С. 116–119.

32. Назина К.С., Абакумов Р.Г. Исследовательские основы анализа рынка недвижимости /// Молодежь и XXI век - 2015 материалы. V Международной молодежной научной конфе-

ренции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 171–174.

33. Абакумов Р.Г., Меренкова К.А. Инновации на рынке ипотечного кредитования в Белгородской области // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. Сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 16–20.

34. Абакумов Р.Г., Скрыпник О.Г. Строительство как основополагающая отрасль развития экономики страны // Научное мышление молодых ученых: настоящее и будущее. 2015. С. 184–188.

35. Берёза А.Н., Абакумов Р.Г. Организационно-экономическое обоснование эффективности государственного участия в решении вопроса эффективного развития индивидуального жилищного строительства // Будущее науки - 2015. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 27–32.

36. Дорошенко Ю.А., Авилова И.П. К вопросу о назначении ставки дисконтирования при оценке эффективности инвестиционных проектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, 2007. Т. 4. № 8. С. 169–172.

37. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В., Ханов А.А. Проблемы и пути повышения инвестиционной привлекательности России // Белгородский экономический вестник. 2015. № 1 (77). С. 3–8.

Tupikina O.N.

EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECT OF RECONSTRUCTION OF LOW-RISE ADMINISTRATIVE BUILDINGS FOR SOCIAL HOUSING

In the article the experience of implementation of investment construction project of reconstruction of low-rise administrative building for social housing in Borisovka. Presents the results of a comprehensive analysis of the development of the Borisovka, highlighting are not used for its purpose buildings that must be reconstructed. For example, one administrative building, studied the economic and technical feasibility of reconstruction. Offered economic and technical solutions to optimize the reconstruction process.

Key words: reconstruction, economic solutions, technical solutions, implementation experience.

Тупикина Ольга Николаевна, магистрант.

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

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

E-mail: infobelinvest2015@mail.ru

Фадеева Н.С., канд. экон. наук, доц.,
Выгонный В.В., канд. техн. наук, сотрудник
Сибирский государственный университет путей сообщения

ПРИБЫЛЬ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКТОВ

gorsky-nsk54@mail.ru

Повышенная потребность в строительстве объектов транспортной инфраструктуры диктуется низкой плотностью дорог в России, высоким уровнем загруженности основных направлений уже сегодня и в перспективе, а также необходимостью развития международных транспортных коридоров. Существует ряд основополагающих документов различных уровней, в основе которых лежат структурные преобразования, способствующие повышению экономической эффективности транспортной деятельности и качества транспортных услуг. Необходимо особо выделить роль строительных организаций в модернизации транспортной инфраструктуры страны. Своевременная и качественная реализация проектов возможна при использовании современных механизированных средств. Однако экономические и политические волнения в стране способствуют финансовой неустойчивости предприятий, являющейся препятствием для планового обновления и модернизации основных производственных фондов. Поэтому проблема повышения эффективности механизации транспортного строительства отличается непреходящей актуальностью. В данной статье авторами представлена методика оценки экономической эффективности механизированных комплексов по критерию прибыли при производстве земляных работ на линейных объектах. Методика позволяет оперативно принимать решения при формировании технико-экономического обоснования на стадии предварительного проектирования объекта с учетом наиболее популярных на строительном рынке способов привлечения техники.

Ключевые слова: погрузочно-транспортный комплект, земляные работы, лизинг, приведенные затраты на единицу продукции, прибыль, корреляционно-регрессионный анализ, регрессионное уравнение, прибыль.

Введение. Необходимым условием успешного функционирования и развития любой социально-экономической системы является ее транспортное, энергетическое и информационное обслуживание. Функционально оно состоит в обеспечении материальных, энергетических и информационных потоков, а организационно – в опережающем формировании и последующем развитии триединой производственной инфраструктуры – путей сообщения, линий электропередач и средств связи [1].

Современная транспортная система Российской Федерации не соответствует требованиям растущего спроса на транспортные услуги. Текущее состояние и темпы строительства новых дорог значительно уступают уровню автомобилизации страны. За последние 20 лет этот показатель увеличился почти в три раза: со 113 по состоянию на 1997 год до 323 автомобилей на 1000 человек, согласно последним данным [2]. Положительная динамика уровня автомобилизации в стране сохраняется, и Правительством Москвы прогнозируется рост до 380 единиц к 2025 году. В настоящее время 39 тысяч населенных пунктов с общей численностью населения до 15 млн. жителей не имеют связи с транспортной сетью страны по автомобильным дорогам с

твердым покрытием. Не завершено формирование опорной сети дорог в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока. Высокий уровень неравномерности в использовании мощностей инфраструктуры транспорта. Существует необходимость строительства новых дорог к месторождениям для освоения минерально-сырьевой базы, способствующих экономическому росту, как региона, так и в целом страны. Также стоит отметить, что по своему географическому положению России предназначено быть транзитной страной между зонами наиболее активного роста мировой торговли – Европейским сообществом, Юго-Восточной Азией и Северной Америкой. Поэтому для эффективного выполнения этой роли необходима модернизация ключевых транзитных систем – это Транссибирская магистраль, Байкало-Амурская магистраль, Северный морской путь [3].

Для решения поставленных задач существует ряд основополагающих документов федерального, регионального и корпоративного уровней, таких как: Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года; Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года; Федеральная целевая программа «Развитие транс-

портной системы России (2010-2020 годы)»; Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 года; Концепция Стратегии развития Дальнего Востока и Байкальского региона на долгосрочную перспективу; Национальная программа модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года и др. Так, например, согласно Концепции развития приграничных территорий субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, утвержденной 28.10.2015 года, только в Амурской области предусмотрено осуществление 82 проектов общей стоимостью более триллиона рублей. От реализации проектов к 2025 году ожидается увеличение валового регионального продукта почти в три раза. В два раза вырастет объем производства сельского хозяйства, в среднем на 20 туристических маршрутов в области станет больше [4].

Как мы видим, объемы строительных работ в прогнозной перспективе достаточно велики, соответственно своевременная и качественная реализация инвестиционно-строительных проектов возможна за счет использования современной специализированной техники. Таким образом, одной из важнейших задач строительных организаций является оптимизация технико-экономических показателей эксплуатации механизмов. Однако ввиду недостатка собственных средств для обновления основных производственных фондов и модернизации парка строительных и транспортных средств, все

$$P_k = \max(C_{смi} - Z_{прi} + C_{Ti} - C_{Авансi}), i = \overline{1, n} \quad (1)$$

где $C_{смi}$ – сметная стоимость производства земляных работ i -м комплектом; $Z_{прi}$ – затраты на приобретение и эксплуатацию i -го ПТК; n – количество комплектов; C_{Ti} – стоимость i -го ПТК на конец периода; $C_{Авансi}$ – величина авансового платежа для i -го комплекта.

Формула 2 позволяет определить величину приведенных затрат на единицу продукции при эксплуатации сформированного погрузочно-транспортного комплекта [5,6].

$$Z_{прi} = C + E_H \times k, \quad (2)$$

где C – себестоимость единицы продукции; E_H – коэффициент эффективности капиталовложений, определяемый банковским процентом рефинансирования в долях единицы; k – капитальные вложения.

В зависимости от способа привлечения технических средств, себестоимость единицы продукции будет включать в себя сумму арендных, либо лизинговых платежей. Анализ предложений на рынке спецтехники свидетельствует о

большей популярностью пользуются такие инструменты привлечения техники как лизинг и аренда. Формирование эффективных комплектов машин и выбор способа их привлечения зависят от множества факторов и требуют тщательного расчета и анализа показателей сравнительной эффективности. На примере самого трудоемкого вида работ – земляных, предлагается методика подбора погрузочно-транспортных комплектов (далее ПТК) и способа их привлечения с помощью уравнений линейной регрессии, позволяющая производить предварительную оценку экономической эффективности машинных комплексов и оперативно принимать решения.

Основная часть. При выборе способа производства земляных работ принято использовать критерий приведенных затрат к единице продукции [5]. Вместе с тем стоит отметить, что при некоторых формах лизинга по истечению договорных обязательств лизингополучатель принимает в собственность технику, иными словами получает доход. В таком случае за основной критерий сравнительной экономической эффективности целесообразнее использовать максимальную прибыль от производства работ, определенную с учетом расходов на приобретение и использование техники, капитальных вложений (договора финансового лизинга с уплатой аванса) и ежемесячных инвестиций, равных согласованной с заказчиком сметной стоимости производимых работ.

довольно нестабильной динамике цен в силу действия как объективных, так и субъективных факторов. Поэтому, стоимость аренды комплекта машин определяется как сумма актуальных среднерыночных арендных ставок на каждую единицу техники.

$$C_A = C_{A1} + C_{A2} \times n_{сам}, \quad (3)$$

где $n_{сам}$ – количество самосвалов; C_{A1} – стоимость аренды погрузочной машины в смену; C_{A2} – стоимость аренды самосвала в смену.

Методически каждый элемент платежей исчисляется в общепринятом порядке, исходя из содержания и сложившейся практики (методические рекомендации Министерства экономики РФ) [7].

Общую сумму лизинговых платежей ($L_{л}$) считают по формуле:

$$L_{л} = AO + P_k + K_b + D_y + НДС, \quad (4)$$

где AO – амортизационные отчисления; P_k – плата за кредитные ресурсы; K_b – комиссионное вознаграждение лизингодателя за предоставление имущества по договору лизинга; D_y – стои-

мость дополнительных услуг, предоставляемых лизингополучателю со стороны лизингодателя на основании договора; НДС – налог на добавленную стоимость.

Современный рынок лизинговых услуг характеризуется многообразием форм лизинга, моделей лизинговых контрактов и юридических норм, регулирующих лизинговые операции. Существующие формы можно объединить в два основных вида – оперативный и финансовый лизинги. В современной практике часто применяется коэффициент ускоренной амортизации относительно лизинговых объектов. Данный инструмент обладает рядом преимуществ, такие как: снижение налога на прибыль в течение действия лизингового договора; уменьшение налога на имущество по объекту договора; возможность выкупа предмета договора по окончании срока действия финансовой аренды по минимальной остаточной цене. Следующий момент, который необходимо учитывать – это аванс. С целью минимизации финансовых рисков лизинговые компании предпочитают работать с теми лизингополучателями, которые могут предоста-

вить авансовый платеж, он же первоначальный взнос. При оценке рисков анализируется ряд факторов: финансовое состояние лизингополучателя, срок договора, наличие дополнительных гарантий в виде залогов имущества и поручительства третьих лиц, а также ликвидность предмета лизинга. К низколиквидному имуществу можно отнести, прежде всего, оборудование. Если предмет лизинга уникален, изготовлен для конкретного клиента, сложно демонтируется, то продать его будет весьма сложно, а иногда и вовсе невозможно. Высоколиквидными лизинговые компании считают автомобили и спецтехнику. Вторичный рынок такого имущества хорошо развит и найти покупателя на бывший в эксплуатации автомобиль, экскаватор, погрузчик или бульдозер не составит труда. Как показывает практика, чаще всего авансовый платеж составляет около 30–50 % от стоимости оборудования.

Учитывая существующее многообразие лизинговых отношений преобразуем формулу расчета лизинговых платежей:

$$L_{\text{п}} = \frac{C_0}{144} \times 12k_A n_A + \left[\left((12 - k_A(t - 0,5)) \times (k_{\%} + k_{\text{кв}}) \right) \times (1 + k_{\text{ндс}}) \right] + \frac{D_{\text{у}}^{\text{общ}}}{t} \times (1 + k_{\text{ндс}}), \quad (5)$$

где C_0 – стоимость машинного комплекса на начало периода равная разности рыночной стоимости техники ($C_{\text{рын}}$) и суммы авансового платежа (в случаях, когда уплата аванса предусмотрена лизинговым договором); k_A – процент амортизации; n_A – коэффициент ускоренной амортизации; $k_{\%}$ – лизинговая ставка; $k_{\text{кв}}$ – процент комиссионного вознаграждения; $k_{\text{ндс}}$ – налоговая ставка; $D_{\text{у}}^{\text{общ}}$ – общая стоимость дополнительных услуг; t – продолжительность производства работ.

Формула расчета суммы арифметической прогрессии позволяет определить сумму всех

$$L_{\text{ср}} = \frac{C_0}{288} \times [24k_A n_A + (1 + k_{\text{ндс}}) \times ((k_{\%} + k_{\text{кв}}) \times (24 - k_A n_A t))] + \frac{D_{\text{у}}^{\text{общ}}}{t} \times (1 + k_{\text{ндс}}), \quad (8)$$

Для выполнения расчета приведенных затрат, необходимо величину среднего ежемесячного платежа привести к одной смене, как один из элементов себестоимости единицы продукции:

$$З_{\text{пр}} = \frac{1}{P_{\text{пттк}}} \times \left(\left(\frac{12 \times L_{\text{ср}}}{n_1 n_2} \right) + (C_1 + C_2 n_{\text{сам}}) + (C_{\text{обсл}} + C_{\text{зп}} \times (1 + k_1)) + \frac{(C_{\text{рын}} + C_{\text{дост}}) \times E_{\text{н}}}{n_1 n_2} \right), \quad (10)$$

где $P_{\text{пттк}}$ – производительность ПТК.

Таким образом, величина прибыли, полученная нарастающим итогом к концу периода

$$\Pi = Q_{\text{общ}} \left(\frac{C_{\text{сн}}}{1000} - З_{\text{пр}} \right) + \frac{C_{\text{рын}} \times Q_{\text{общ}}}{P_{\text{пттк}} \times n_3 \times t} \times \left(\left(1 - \frac{t}{10 \times 12} \right) - k_{\text{аванс}} \right), \quad (11)$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общий объем земляных работ; n_3 – среднее количество рабочих смен в месяц.

лизинговых платежей за период эксплуатации машин (t):

$$L = \frac{L_{\text{п1}} + L_{\text{пт}}}{2} \times t \quad (6)$$

Тогда среднемесячный лизинговый платеж определится как:

$$L_{\text{ср}} = \frac{L_{\text{п1}} + L_{\text{пт}}}{2}, \quad (7)$$

где $L_{\text{п1}}$ – месячный лизинговый платеж на начало периода; $L_{\text{пт}}$ – месячный лизинговый платеж на конец периода.

Расчет среднего ежемесячного лизингового платежа производится по формуле 8.

$$C_{\text{л}} = \frac{12 \times L_{\text{ср}}}{n_1 n_2}, \quad (9)$$

где n_1 – количество смен в рабочем дне; n_2 – количество рабочих дней в году.

Тогда формула расчета величины приведенных затрат к единице продукции примет вид:

эксплуатации машин, определится по формуле 11.

Как мы видим, представленная методика расчета прибыли представляет собой серию вы-

числений множества неизвестных параметров, что, в свою очередь, является несколько трудоемким и времязатратным процессом. В связи с этим, для оперативного принятия решения по подбору оптимального варианта погрузочно-транспортного комплекта разработаны многофакторные математические модели на основе корреляционно-регрессионного анализа.

Уравнение множественной линейной регрессии имеет вид:

$$y = x_0 + k_1x_1 + k_2x_2 + k_nx_n, \quad (12)$$

где y – теоретические значения результативного признака, полученные путем подстановки соответствующих значений факторных признаков в уравнение регрессии; x_1, x_2, x_n – значения факторных признаков; k_1, k_2, k_n – параметры уравнения (коэффициенты регрессии).

В качестве исходных использованы данные проекта строительства железнодорожной линии Кызыл-Курагино (республика Тыва) [8]. Для производства земляных работ произведена выборка землеройных и транспортных машин, находящихся в эксплуатации у подрядчиков и компаний, предоставляющих технику в аренду. Рассматриваемые машины разных производителей и технических характеристик сформированы в шесть вариантов погрузочно-транспортных комплектов и представлены в таблице 1. Это – экскаваторы на гусеничном ходу, тип – обратная лопата; и самосвалы – дорожные, с вариантом разгрузки кузова – назад. Исходные данные, используемые для расчета экономических показателей эксплуатации погрузочно-транспортных комплексов, представлены в таблице 2.

Таблица 1

Варианты погрузочно-транспортных комплектов

Вариант ПТК	Экскаватор / ёмкость ковша, м ³	Самосвал / грузоподъёмность, т
ПТК 1	ЭО 5126 / 1,42 м ³	КрАЗ-6510 / 13,5 т
ПТК 2	Hyundai R210LC-7 / 1,38 м ³	КамАЗ-65115 / 15 т
ПТК 3	Hitachi ZX330-5G / 1,50 м ³	КамАЗ-65115 / 15 т
ПТК 4	Doosan DX300LCA / 1,60 м ³	КамАЗ-65115 / 15 т
ПТК 5	JCB JS 500 / 2,50 м ³	Hyundai HD270 / 20 т
ПТК 6	Volvo EC 460 BLC / 4,00 м ³	БелАЗ-7540 / 30 т

Таблица 2

Исходные данные

Исходные данные	ПТК 1	ПТК 2	ПТК 3	ПТК 4	ПТК 5	ПТК 6
Объем земляных работ, тыс. м ³	53011,4					
Объемная масса грунта, т/м ³	2,0					
Средневзвешенная дальность транспортировки грунта, км	2,1					
Производительность ПТК, м ³ /смена	1078,08	1047,71	1138,82	1214,74	1898,03	3036,85
Рыночная стоимость, тыс.руб.	14800	18500	20900	2 950	35100	56000
Стоимость аренды, руб./смена	40 800	44 800	45 600	54 400	62 000	82 000
Срок производства работ, мес	24, 36, 48, 60					
НДС, %	18					
Амортизация, %	10					
Лизинговая ставка, %	14					
Коэффициент ускоренной амортизации	2					
Комиссионное вознаграждение, %	3					
Аванс, %	30					

Произведен регрессионный анализ, определяющий зависимости производительности ПТК с его стоимостными показателями (затратами на приобретение и эксплуатацию машин). Используя алгоритм расчета прибыли от производства работ ПТК, с учетом способа приобретения техники, получены модели математической регрессии, определяющие зависимость прибыли от условий производства работ (формулы 14-17).

Общее регрессионное уравнение для расчета прибыли примет вид:

$$\Pi = x_0 + k_1Q + k_2\Pi_k + k_3t + k_4C_{ост}, \quad (13)$$

Где Π – ожидаемая величина прибыли от производства работ, руб.; Q – объем земляных работ, м³; Π_k – сменная производительность ПТК, м³/смена; t – срок производства работ, мес.; $C_{ост}$ – остаточная стоимость ПТК по истечении срока эксплуатации, руб.; x_0 – Часть затрат на выполнение работ, руб.; k_1 – Часть прибыли, полученная от разработки 1 м³ грунта, руб.; k_2 – Часть прибыли от фонда оплаты труда механизаторов, руб.см/ м³; k_3 – Часть прибыли, полученная в отчетный период, мес.; k_4 – Часть прибыли, от

реализации ПТК, по истечении срока эксплуатации, мес.

$$\Pi = -123,09 \cdot 10^6 + 28,54 \cdot Q + 18110,06 \cdot P_k + 2849993,513 \cdot t \quad (14)$$

Прибыль от производства работ ПТК, приобретенного по договору финансового лизинга:

$$\Pi = -469,17 \cdot 10^6 + 23,72 \cdot Q + 109801,53 \cdot P_k + 5,73 \cdot 10^6 \cdot t + 0,99 \cdot C_{\text{ост}} \quad (15)$$

Прибыль от производства работ ПТК, приобретенного по договору финансового лизинга с уплатой аванса:

$$\Pi = -422,44 \cdot 10^6 + 26,82 \cdot Q + 107722,59 \cdot P_k + 4,05 \cdot 10^6 \cdot t + 0,7 \cdot C_{\text{ост}} \quad (16)$$

Прибыль от производства работ ПТК, приобретенного по договору аренды:

$$\Pi = -483,4 \cdot 10^6 + 31,29 \cdot Q + 159523,08 \cdot P_k \quad (17)$$

По итогам серии расчетов была составлена сравнительная таблица величин прибыли, рассчитанных двумя способами для самого мощно-

го варианта погрузочно-транспортного комплекта

Таблица 3

Сравнение ожидаемой прибыли при эксплуатации ПТК 6

Продолжительность (мес.)	Форма привлечения техники	Величина ожидаемой прибыли (руб.), определенная с использованием:	
		традиционного расчета	уравнений регрессии
24	Оперативный лизинг	1 401 468 960	1 636 804 349
	Финансовый лизинг	3 658 007 836	3 761 494 223
	Финансовый лизинг с авансом	3 070 285 398	3 174 559 481
	Аренда	1 499 032 981	1 660 000 777
36	Оперативный лизинг	1 435 219 587	1 671 004 271
	Финансовый лизинг	2 681 085 553	2 787 620 394
	Финансовый лизинг с авансом	2 386 453 175	2 493 410 118
	Аренда	1 499 032 981	1 660 000 777
48	Оперативный лизинг	1 468 947 922	1 705 204 193
	Финансовый лизинг	2 226 330 453	2 335 063 274
	Финансовый лизинг с авансом	2 068 131 293	2 177 108 109
	Аренда	1 499 032 981	1 660 000 777
60	Оперативный лизинг	1 502 667 339	1 739 404 115
	Финансовый лизинг	1 980 442 227	2 091 032 839
	Финансовый лизинг с авансом	1 896 013 547	2 006 745 042
	Аренда	1 499 032 981	1 660 000 777

Как мы видим из таблицы 3, представленные значения прибыли демонстрируют надежность предложенных математических моделей, что позволяет при сходных рассматриваемых условиях оперативно получать результаты с отклонением 4–13 % в большую сторону по сравнению с расчетными значениями.

Выводы. Таким образом, разработанные многофакторные математические модели на основе корреляционно-регрессионного анализа позволяют по эксплуатационным параметрам и техническим характеристикам механизмов подобрать оптимальный (по критерию максимальной прибыли) вариант ПТК и способ его приобретения, удовлетворяя параметрам финансово-экономического состояния подрядной организации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ткаченко В.Я., Перцев В.П. Сухопутный транспорт Сибири: формирование опорной сети железных и автомобильных дорог; РАН, Сиб. отд-ние, Ин-т истории. Новосибирск, 2003. 312с.
2. Приказ Минпромторга России от 23.04.2010 N 319 (ред. от 27.12.2013) «Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 года».
3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 11 июня 2014 года) // Собрание законодательства Российской Федерации. 2008. № 50. ст.5977.
4. Приамурье обошло соседей по объему инвестиций на программу развития граничащих с Китаем территорий [Электронный ресурс] //

Амурская правда. – 2016. – 26 октября. URL: <http://www.ampravda.ru/2016/10/19/070573> (дата обращения: 12.11.2016).

5. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог. Учебно-практическое пособие – М.: Инфра-Инженерия, 2008. 1115с.

6. Ярмолинский В.А. Механизм анализа эффективности машин // Строительная техника и технологии. 2016. №1/2. С.64-69.

7. Методические рекомендации по расчету лизинговых платежей (утв. Минэкономки РФ 16.04.1996) // Закон. 1999. № 8.

Строительство железной дороги Элегест-Кызыл-Курагино [Электронный ресурс] // Официальный портал Министерства экономики Республики Тыва. URL: <http://mert.tuva.ru/directions/investment-policy/investment-projects/railway/> (дата обращения: 06.11.2016).

Fadeyeva N.S., Vygonnyy V.V.

PROFIT AS CRITERION FOR COST EFFICIENCY EVALUATION OF LOADING AND TRANSPORT SETS

Increased demand for the construction of transport infrastructure is dictated by the low density of roads in Russia, the high level of congestion of the main ways today and in the future, and also the need for the development of international transport corridors. There are fundamental documents of various levels which are based on structural reforms that improve the economic efficiency of the transport operations and the quality of transport services. It is necessary to highlight the role of civil organizations in the modernization of transport infrastructure in the country. Timely and high-quality implementation of projects is possible with using the modern machines. However, economic and political unrests in the country promote the financial instability of the companies, which is an obstacle for planned updating and upgrade of the fixed assets. Therefore, the problem of increasing the efficiency of transport construction mechanization differs in enduring relevance. In this article the authors presents a methodology for evaluating the economic efficiency of the mechanized complexes by profit criterion in earthwork operations on linear objects. The methodology allows to make quick decisions when forming the feasibility study on the preliminary design stage of the object taking into account the most popular most popular in the construction market ways to attract technology.

Key words: loading and transport set, earthworks, leasing, unit cost, profit, correlation and regression analysis, regression equation, profit

Фадеева Наталья Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Технология, организация и экономика строительства».

Сибирский государственный университет путей сообщения.

Адрес: Россия, 630049, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191

E-mail: 403733@gmail.com

Выгонный Виталий Владимирович, кандидат технических наук, сотрудник кафедры «Технология, организация и экономика строительства».

Сибирский государственный университет путей сообщения.

Адрес: Россия, 630049, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191

E-mail: gorsky-nsk54@mail.ru

Сулейманова А.В., менеджер
ООО Холдинговая компания «Башибетон»

ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Al.Suleimanova@yandex.ru

В статье рассматривается сложившаяся система налогообложения земельных участков. Проанализированы основные проблемы, возникающие при налогообложении земли от результатов кадастровой оценки земли. Подробно раскрываются и поясняются положения третьей главы «Государственная кадастровая оценка» Федерального закона №167-ФЗ от 22.07.2010 года и Федерального закона от 03.07.2016 года № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке». На основе законов проводится сравнительный анализ, для выявления основных изменений в процедуре проведения государственной кадастровой оценки земли.

Ключевые слова: налогообложение земли, государственная кадастровая оценка земли, оценка, налогооблагаемая база, оценочная деятельность.

Введение. Особое значение для города имеет оценка земли. Важность проведенной работы заключается в том, что показатели, полученные при проведении государственной кадастровой оценки земли (далее - ГКОЗ), предусматривались в целях формирования базы для налогообложения земли и повышения эффективности системы взимания земельных платежей в бюджет города.

Основная часть. Заложенный законодательной основой порядок проведению ГКОЗ и достижения поставленных целей, предполагает смещение акцента – исчисления земельных платежей от кадастровой стоимости земель.

Между тем достаточно четко, казалось бы, сформулированная правовая норма земельного законодательства, на практике, порождала большое число вопросов. Принятые с 1999 года в Российской Федерации многочисленные законодательные акты по вопросам проведения кадастровой оценки земли, при применении, сопровождались новыми требованиями, и подвергались серьезной критике со стороны ученых и экономистов, оценочных сообществ, администраторов налога и налогоплательщиков. Нерешенность, главным образом, методологических и институциональных вопросов, игнорирование теории и мирового практического опыта по определению налогооблагаемой базы для установления имущественных налогов привели к тому, что цели, на которые была ориентирована реформа земельных платежей, не были достигнуты.

Пятилетний период действия новой системы налогообложения земли показал ее полную неоправданность в части определения налогооблагаемой базы. Множество не отрегулированных вопросов объясняется некоторыми факторами:

- отсутствие законодательно утвержденного определения «государственная кадастровая оценка»;
- проблемы организации работ по ГКОЗ;
- затрудненный процесс согласования результатов ГКОЗ;
- не реализованный порядок досудебного рассмотрения споров по результатам ГКОЗ.

Перечень проблем достаточно велик и можно было бы продолжить. Более чем 10-летняя практика применения нормативных правовых актов по вопросам проведения ГКОЗ свидетельствовала о необходимости регулирования законодательной базы в сфере кадастровой оценки земли и оценочной деятельности.

Конструктивное решение данных задач невозможно без надлежащего правового обеспечения. В качестве основных направлений по устранению пробелов в российском законодательстве по вопросам проведения кадастровой оценки земли, является принятие Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон “Об оценочной деятельности в Российской Федерации” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 22.07.2010 г. № 167-ФЗ (далее – Федеральный закон от 22.07.2010 г. № 167-ФЗ). В соответствии с этим законом урегулированы основы отношений в сфере кадастровой оценки земли путем включения в Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29.07.1998 г. № 135-ФЗ (далее - ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ») новой главы «Государственная кадастровая оценка» [3].

Конкретизируя основные нововведения данного закона, проведем сравнительный анализ. Для сравнения обратимся к Приказу Министерства экономического развития и торговли Российской Федерации от 28 июня 2007 г. № 215 «Об утверждении административного ре-

гламента Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по исполнению государственной функции «Организация проведения государственной кадастровой оценки земель» (далее - Административный регламент) [5] и обозначим основные изменения в процедуре проведения ГКОЗ с принятием Федерального закон от 22.07.2010 г. № 167-ФЗ (табл. 1).

Анализ действующих норм российского законодательства, приведенных в таблице 1, позволяет выявить следующее.

Рассмотрение эволюционного развития процедуры проведения ГКОЗ приобретает ценность в понимании процесса становления и совершенствования системы оценки и налогообложения земли. Существенные изменения произошли с принятием новой главы «Государ-

ственная кадастровая оценка» в ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ». Впервые в законодательной практике конкретизируются важные элементы отношений по определению кадастровой стоимости объектов недвижимости:

- понятие кадастровой оценки;
- участники отношений по кадастровой оценке;
- общие принципы проведения кадастровой оценки;
- периодичность проведения ГКОЗ;
- обязательное страхование ответственности;
- порядок рассмотрения споров о результатах определения кадастровой стоимости;
- порядок формирования фонда данных государственной кадастровой оценки и др.

Таблица 1

Основные различия процедуры проведения ГКОЗ, регулируемой Административным регламентом и ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ»

Административный регламент	Федеральный закон РФ от 22.07.2010 г. № 167-ФЗ
1. Организация и проведение ГКОЗ осуществляется	
Нормативно-правовыми актами Российской Федерации	ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ»
2. Порядок проведения ГКОЗ	
Государственная функция по организации и проведения ГКОЗ исполняется Федеральным агентством кадастра объектов недвижимости и Управлением Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по субъектам Российской Федерации.	До 01.01.2013 г. полномочия заказчика работ по определению кадастровой оценки, реализует орган, осуществляющий функции по ГКОЗ. Исполнитель работ по определению кадастровой стоимости обязан заключить договор страхования ответственности за причинение ущерба в результате осуществления деятельности по определению кадастровой стоимости на страховую сумму в размере не менее чем 30 млн. рублей
3. Утверждение результатов определения кадастровой стоимости осуществляют	
Органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации	Заказчик работ по определению кадастровой стоимости
4. Рассмотрение споров о результатах определения кадастровой стоимости	
- в судебном порядке	- в судебном порядке; - комиссией по рассмотрению споров о результатах проведения кадастровой стоимости

Комментируемый Федеральный закон носит рамочный характер и регламентирует исключительно важнейшие требования по организации выполнения работ и утверждения результатов ГКОЗ. При этом, значительные изменения в методических подходах затребовало дополнительное нормативное регулирование. В результате, правовое обеспечение, регулирующее проведение кадастровой оценки, сопровождается соответствующими федеральными стандартами оценки и принимаемыми в соответствии с ними

методическими указаниями по государственной кадастровой оценке различных категорий земель, утверждаемыми федеральным органом исполнительной власти, осуществляющие функции по нормативному правовому регулированию оценочной деятельности. Такой принципиально новый подход в методических основах проведения ГКОЗ с одной стороны детализирует положения ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ», с другой, позволяет построить единую

систему оценки недвижимости с применением особенностей массовой оценки.

Важным нововведением является проведение ГКОЗ по решению исполнительного органа государственной власти субъекта Российской Федерации или, в случаях установленных законодательством субъекта Российской Федерации, по решению органа местного самоуправления. Однако перечень объектов недвижимости для целей проведения государственной кадастровой оценки формируется уполномоченным федеральным органом кадастрового учета.

Более четкие требования в ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ» определены для саморегулируемой организации оценщиков. Во-первых, заказчиками работ по кадастровой оценке выступают субъекты Российской Федерации, а исполнителями – оценщики, привлекаемые на конкурсной основе. При этом весьма важным условием для оценщиков является заключение договора страхования ответственности за ущерб в результате осуществления деятельности по определению кадастровой стоимости на страховую сумму в размере не менее тридцати миллионов рублей. Во-вторых, проект отчета об определении кадастровой стоимости требованиям указанного федерального закона проверяет орган, осуществляющий функции по государственной кадастровой оценке, после чего отчет принимается заказчиком.

Возможность передачи данных функций субъектам оценочной деятельности создает условия для повышения качества оценки и ответственности оценщиков. В связи с этим возникает необходимость, органам государственной власти субъекта Российской Федерации и местного самоуправления в тесной взаимосвязи вести совместную работу с оценочными сообществами: организовывать семинары, обучающие и научно-практические конференции, программы повышения квалификации, где детально освещаются основные вопросы данной области.

Отличительная особенность положений Федерального закона «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» - это возможность оспаривания результатов определения кадастровой стоимости земельного участка как внесудебном, так и судебном порядке. Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации (далее - Минэкономразвития России) регламентирован механизм оспаривания результатов определения кадастровой стоимости в специально созданных комиссиях, в состав которой входят как представители органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации, так и органы, осуществляющие функ-

ции по государственной кадастровой оценке и саморегулируемых организаций оценщиков.

В целях упорядочения и основания рабочей комиссии утвержден порядок создания и работы комиссии по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости, которая осуществляется уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти, выполняющими функции по государственной кадастровой оценке при его территориальном органе в соответствующем субъекте Российской Федерации [4]. Непосредственное закрепление данных требований в Республике Башкортостан нашло свое отражение в приказе Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (далее – Управление Росреестра по Республике Башкортостан) от 21 ноября 2011 года № П/454.

Несомненно, споры по правомерности установления кадастровой стоимости земельных участков не избежать среди заинтересованных лиц, которые могут выступать в качестве истца и ответчика. А, в первую очередь, среди самих землепользователей, являющимися плательщиками не только земельного налога, но и арендной платы за землю, исчисленной в процентах от кадастровой стоимости, а также участвующих в процессе выкупа земельного участка. Среди других категорий – это органы местного самоуправления и органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации, которые несут ответственность за утверждение результатов кадастровой оценки. Не исключены интересы и налоговых органов, которые участвуют в контроле за исчислением и поступлением земельного налога.

Основания для оспаривания результатов кадастровой стоимости земельных участков в комиссии может служить:

1. Недостоверность сведений об объекте недвижимости, использованных при определении его кадастровой стоимости.
2. Установление в отношении объекта недвижимости его рыночной стоимости на дату, по состоянию на которую была установлена его кадастровая стоимость.

Помимо этого, А.В. Трифонов справедливо дополняет, что «процедура досудебного урегулирования споров о кадастровой стоимости объектов недвижимости, предусмотренная законом, позволяет повышать достоверность получаемых результатов [6].

Ожидалось, что проверка качества расчета кадастровой стоимости земли приведет к значительному уменьшению количества судебных исков в отношении оспаривания результатов

кадастровой стоимости. Результаты справедливой оценки должны были повлиять, во-первых, на устранение споров в обществе, а во-вторых, способствовать сохранению постоянного источника наполнения местных бюджетов.

Принципиальное новшество можно наблюдать в периодичности проведения ГКОЗ. Если ранее она проводилась не реже одного раза в пять лет и не чаще одного раза в три года [1], то теперь по решению исполнительного органа государственной власти субъекта Федерации или в случаях, установленных законодательством субъекта Российской Федерации, по решению органа местного самоуправления не реже чем один раз в пять лет с даты, по состоянию на которую была проведена государственная кадастровая оценка. Такая тенденция законодателя позволяет отбросить нижний предел периодичности проведения кадастровой оценки, а также с большой точностью учитывать достоверную рыночную информацию.

Обращает на себя внимание, что сведения, использованные при проведении ГКОЗ и сформированные в результате ее проведения, составляют фонд данных ГКОЗ. С принятием главы «Государственная кадастровая оценка» в ФЗ РФ «Об оценочной деятельности в РФ», привлекло за собой появление приказа Минэкономразвития России от 21 февраля 2011 года № 53 «Об утверждении порядка ведения фонда данных государственной кадастровой оценки и предоставления сведений из этого фонда».

Таким образом, с внесением изменений в законодательство в сфере регулирования оценочной деятельности, кадастровая оценка земли и оценочная деятельность подверглась значительным преобразованиям. В частности, заложен процесс проведения кадастровой оценки земли в Российской Федерации.

Кроме того, данный закон наглядно демонстрировал возможности:

- устранения многих проблем, с которым столкнулись при применении ранее действующего законодательства;
- повышения качества оказываемых оценочных услуг;
- существенное улучшение положение землепользователей и упрощение задач для правоприменителей.

Институт ГКОЗ продолжает развиваться и совершенствоваться. Важным элементом нормативно-правового обеспечения явился Федеральный закон от 03.07.2016 года № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» [2], ориентированный на совершенствование порядка определения кадастровой стоимости, внесший ряд принципиальных изменений.

Во-первых, исполнительными органами государственной власти субъекта Российской Федерации переданы полномочия по определению кадастровой стоимости государственным бюджетным учреждениям (далее – ГБУ). Такое нововведение способствует повышению качества, ответственности и прозрачности при проведении процедур определения кадастровой стоимости и сопровождения её результатов. При этом определять кадастровую стоимость придется по единой методике, что обеспечит единый подход определения кадастровой стоимости при проведении государственной кадастровой оценки и позволит устранить многие недостатки, породившие большое количество сложностей и недовольств со стороны пользователей информации.

Но это не говорит о том, что государства снимает с себя ответственность в проведении кадастровой оценки. Кадастровая оценка всегда сопровождается статусом «государственная». Этим и подчеркивается, что проведение кадастровой оценки является функцией государства. Соответственно, государственные органы будут осуществлять свои функции через ГБУ.

На наш взгляд, деятельность государственных оценщиков должна быть построена на постоянном тесном взаимодействии с органами исполнительной власти и федеральными органами кадастрового учета. Специалисты таких учреждений должны быть квалифицированно подготовлены и наделены полномочиями:

1. Проводить оценку земель по единой методике с соблюдением требований стандартов кадастровой оценки и методических рекомендаций, утвержденных федеральным законодательством;
2. Определять кадастровую стоимость вновь учтенных объектов недвижимости, ранее учтенных объектов недвижимости и объектов недвижимости, в отношении которых произошло изменение их количественных и (или) качественных характеристик;
3. Проводить разъяснительную работу с субъектами применения кадастровой оценки земли по вопросам оценки стоимости земель;
4. Проводить процедуры оспаривания кадастровой оценки в досудебном и судебном порядке;
5. Закрепить ответственность за результаты кадастровой оценки;
6. Разрабатывать экономически обоснованные ставки по земельным платежам и представлять их на рассмотрение в уполномоченные органы субъекта Российской Федерации;

7. Осуществлять сбор, обработку, систематизацию и накопление сведений об объектах недвижимости;

8. Вести мониторинг актуальной рыночной стоимости и сделок с недвижимостью;

9. Разработать систему подготовки и переподготовки, повышения квалификаций кадастровых оценщиков недвижимости;

10. Участвовать в процессе подготовки нормативно-правовых актов в области оценки земли и оценочной деятельности.

По мнению автора, создание государственных профессиональных оценочных организаций заложит основу для регулирования и контроля деятельности оценщиков, сократит количество судебных разбирательств. А это позволит создать эффективную систему кадастровой оценки и администрирования земельных платежей, защитить интересы бюджеты города, обеспечить развитие рынка недвижимости и снизить уровень неудовлетворенности граждан и юридических лиц.

Во-вторых, разработаны принципы проведения государственной кадастровой оценки:

- принцип единства методологии кадастровой стоимости;

- принцип непрерывности актуализации сведений;

- принцип независимости и открытости процедур ГКОЗ на каждом этапе их осуществления;

- принцип экономической обоснованности и проверяемости результатов определения кадастровой стоимости.

Реализация перечисленных принципов обеспечит целесообразность и эффективность системы проведения государственной кадастровой оценки земель.

В-третьих, надзор за проведением ГКОЗ осуществляет орган регистрации прав, который также ведет фонд данных государственной кадастровой оценки.

В-четвертых, ГБУ осуществляет исправление всех ошибок, допущенных при определении кадастровой стоимости. Кроме того, расширяется и упрощается процедура по оспариванию ГКОЗ. В связи с чем, уполномоченными органами субъектов Российской Федерации создаются специальные комиссии. Обращение в комиссию не является обязательным условием для последующего обращения в суд.

В-пятых, новшеством стал процесс подготовки к проведению кадастровой оценки. Это, на наш взгляд, является принципиально важным моментом. Как показывает опыт предыдущих лет, ГКОЗ проводилась на основании выгруженных базы данных, в результате чего приводила к

многочисленным жалобам и недовольствам со стороны пользователей ее результатами.

Помимо того, несомненным преимуществом стало раздельное толкование понятий «государственная кадастровая оценка» и «кадастровая стоимость».

Заключение. Подводя итоги, можно отметить следующее. С принятием и введением в действие федерального закона «О государственной кадастровой оценке» планируется увеличение поступлений доходов от использования земли. При этом, увеличение должно произойти за счет привлечения в хозяйственный оборот большего количества объектов недвижимости, а также установления правильной их кадастровой стоимости. Подтверждением этому является то, что ГКОЗ обуславливает осуществление эффективной инвестиционной и налоговой политики, управления и использования земельными ресурсами, активному привлечению земель в экономический оборот, создавая основу для увеличения доходов бюджета. Вышеперечисленные направления совершенствования кадастровой оценки земли должны положительно влиять на ее результаты, а в последующем установить достоверный и экономически обоснованный налог на объекты недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении Правил проведения государственной оценке земель: постановление Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2000 г. № 316 // Собрание законодательства Российской Федерации. 17.04.2000. № 16. Ст.1709.

2. О государственной кадастровой оценке : Федеральный закон от 03.07.2016 года № 237-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 04.07.2016. № 27 (Часть I). Ст. 4170.

3. Об оценочной деятельности в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 29 июля 1998 г. № 135-ФЗ (в ред. от 02.06.2016 г.) // СПС «Консультант Плюс». Технология Проф 2012.

4. Об утверждении Порядка создания и работы комиссии по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости и признании утратившим силу приказа Минэкономразвития России от 22 февраля 2011 г. № 69 "Об утверждении Типовых требований к порядку создания и работы комиссии по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости": приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 4 мая 2012 г. № 263 (в ред. от 16.05.2013) // Российская газета. 03.08.2012. № 177.

5. Об утверждении Административного регламента Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по исполнению государственной функции “Организация проведения государственной кадастровой оценки земель”: приказ Министерства экономического развития и торговли Российской Федерации от 28 июня

2007 г. № 215 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 17.09.2007. – № 38.

6. Трифонов А.В. Проблемы налогообложения и кадастровой оценки // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2008. 10 (85). С. 11–17.

Suleimanova A.V.

**FORMATION STAGES OF THE STATE CADASTRAL LAND ESTIMATION
IN MODERN RUSSIA**

The article examines the existing system of land taxation (plots of land). Some main issues emerging during the taxation of land as the result of the cadastral estimation of the land is being analysed. The regulations of the third chapter of "State Cadastral Estimaion" of the Federal Law No. 167-FZ dated 22.07.2010, and the Federal Law of 03.07.2016, № 237-FZ "On State Cadastral Estimation" are being described in details and explained. On the basis of laws, comparative analysis to identify major changes in the procedure of the state cadastral estimation of land is being carried out..

Key words: land taxation, state cadastral land estimation, assessment, tax base, assessment activities.

Сулейманова Альбина Венеровна, менеджер.

ООО Холдинговая компания «Башбетон».

Адрес: Россия, 450078, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Айская д.46.

E-mail: Al.Suleimanova@yandex.ru.

DOI: 10.12737/24737

Демененко И.А., ст. преп.,
Шавырина И.В., канд. социол. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТЬ В КОМПАНИЯХ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ*

inna12manager@gmail.com

Трансформации социально-экономических отношений, ускоренные темпы развития производственных систем, внедрение инновационных технологий, развитие экономики избыточного предложения, переориентация стратегии развития организации в ситуации неустойчивого рынка обуславливает необходимость внедрения в компании клиентоориентированного подхода. Данный подход рассматривается как определенная концепция строительного бизнеса, включающая комплекс мероприятий, направленных на удовлетворение и формирование потребностей клиентов (конечных потребителей и торговых посредников), реализуемая на всех уровнях и ориентированная на инновационное (проактивное) развитие с целью достижения устойчивых конкурентных преимуществ.

Ключевые слова: клиентоориентированность, менеджмент, строительный сектор экономики, персонал, эффективность, конкурентоспособность.

Введение. Глобализация экономического пространства и все более тесная интеграция России в мировое экономическое сообщество делают еще более актуальными вопросы поиска источников конкурентных преимуществ, которые были бы устойчивы и трудновоспроизводимы. В этом контексте ориентация на клиента и построение системы партнерских взаимоотношений представляется одной из наиболее перспективных областей исследования и управления. Несмотря на постепенное распространение передовых управленческих практик, одной из наиболее сложных проблем, как для существующих участников рынка, так и для новых игроков является встраивание в действующую систему взаимоотношений потенциального потребителя товаров и услуг [1].

Стремительное ускорение всех рыночных процессов, быстрая смена технологических платформ и повышение уровня неопределенности в окружении компании делают ориентацию на клиента основным источником конкурентных преимуществ и создания ценности [2]. В этих условиях успех компании в конкурентной борьбе зависит не столько от ее собственных ресурсов и компетенций, сколько от той системы взаимодействий с клиентами, частью которых она является.

Для завоевания устойчивой конкурентной позиции необходимо более глубокое понимание ориентации на клиента, наиболее востребованными становятся практически механизмы повышения клиентоориентированности [3]. В связи с этим тема ориентации на клиента представляется актуальной как в плоскости теоретических исследований, так и в области решения прикладных задач. Ориентация на

клиента является центральным элементом маркетинговой концепции управления, предполагающим развитие и поддержание конкурентных преимуществ на рынке за счет наиболее полного удовлетворения потребностей клиента. Так, создание и предложение дополнительной ценности потребителям является важным условием получения конкурентных преимуществ на рынке.

Особенно актуальна рассматриваемая система в строительной отрасли экономики, где клиенты, выбирая подрядную организацию для строительства, обращают внимание на многие вещи, даже самые незначительные. Клиентоориентированность строительной компании представляет собой инструмент управления взаимоотношениями с клиентами, нацеленный на получение устойчивой прибыли в долгосрочном периоде и базирующийся на трех критериях: ключевая компетенция, целевые клиенты и равенство позиций.

Методология. Впервые информация о клиентоориентированном подходе опубликована в 1936 г. в первом издании журнала по маркетингу, организованном американским обществом маркетологов. Джон Бенсон, ставший позже президентом ассоциации рекламных агентств, написал: «Возможно, в будущем нам потребуются проявлять изобретательность в описании привлекательности товаров и направлять основные усилия на то, чтобы обнаруживать, чего действительно хотят люди. Потребитель - вот наш босс» [4].

В 1990-х гг. клиентоориентированные организации рассматривают как компании, которые стремятся найти и удовлетворить потребности клиентов. При этом авторы подчеркивают, что понимание потребностей клиентов должно быть

одной из приоритетных задач клиентоориентированной организации. П. Друкер писал, что «потребитель редко покупает то, что, по мнению производителя товара, ему продают. Одна причина этого в том, что никто не платит за товар, платят за получение удовлетворения» [5].

С точки зрения Ю.Б. Кареева, клиентоориентированный подход предполагает стратегический подход к развитию организации, обеспечивающий повышение ее конкурентоспособности и рост доходности, подразумевающий мобилизацию всех ее ресурсов на выявление, вовлечение, привлечение клиентов и удержание наиболее прибыльных из них за счет повышения качества обслуживания клиентов и удовлетворения их потребностей [6].

В свою очередь, Ю.И. Смирнов под клиентоориентированным подходом понимает стратегию предприятия, направленную на учет и удовлетворение потребностей клиента и формирование максимально комфортных отношений с ним с целью долгосрочного профессионального взаимодействия [7].

По нашему мнению, понятие клиентоориентированности по своей роли сопоставимо с понятием конкурентоспособности с тем отличием, что конкурентоспособность подразумевает соответствие рынку в целом, а клиентоориентированность показывает уровень соответствия требованиям потребителей. Необходимо понимать стратегический характер клиентоориентированности, т.к. организация, которая учитывает интересы клиента, стремится именно к долгосрочным отношениям с ним, отказываясь от оперативной и тактической выгоды. Несмотря на свою распространенность, понятие клиентоориентированности не имеет однозначного научно-го определения.

Основная часть. Современный рынок актуализирует следующие моменты:

- поиск возможных конкурентных преимуществ в ситуациях сходства цен, качества и ассортимента продукции конкурирующих организаций;
- необходимость управления впечатлениями клиентов, возникающими при взаимодействии с организацией;
- определение причин, по которым клиенты организации перестают ими быть;
- выявление влияния различных подразделений организации на процесс работы с клиентами. Все это определяет переход от товароориентированного подхода (внимание к товару, его сбыту и эффективности продаж) к клиентоориентированному подходу (внимание к клиенту при соблюдении интересов организации).

С позиции Р.В. Руднева, главными правилами работы клиентоориентированной компании должны быть:

- настрой на успех: с каждым клиентом работать до победы. Все шаги должны способствовать движению к победе;
- каждое действие фиксируется. Все, что удалось выяснить при общении с клиентом, может стать полезным в дальнейшем, все события истории, все документы и файлы, которые посылались, – вносятся, прикрепляются, остаются в базе либо архиве;
- последняя запись в истории работы с клиентом должна быть планом на очередной шаг. Это означает, что после каждого общения с клиентом сразу планируется следующий шаг, нацеленный на будущее сотрудничество с ним [8].

Основным направлением деятельности строительной компании при внедрении клиентоориентированного подхода является организация обслуживания клиентов с предоставлением полного комплекса сервисных услуг [9], направленных на удовлетворение потребностей клиента. Качественное обслуживание клиентов во многих сферах деятельности становится единственным конкурентным преимуществом современной компании.

Ф. Котлер полагает, что многие компании в современных условиях ориентированы не на покупателей и целевые рынки, а на товары и продажи. Процесс преобразования компании в клиентоориентированную требует:

- поощрения положительного отношения к клиентам в рамках всей организации;
- формирования организационной структуры, ориентированной на клиента, а не на товары;
- изучения потребностей клиентов путем качественных и количественных исследований.

Основную роль при предоставлении услуг клиентам играет информированность клиента о строительной фирме, об её работе и видах услуг, которые она предоставляет в рамках своей деятельности. Сколько бы ни тратила компания на улучшение обслуживания, эти затраты окупятся лишь в том случае, если имеющиеся и потенциальные клиенты знают о сервисе фирмы. Кроме того, их необходимо информировать о предлагаемых фирмой услугах и регулярно напоминать о возможности воспользоваться ими. Правильно изложенная и доведенная до сведения клиента информация во многом предупреждает необходимость его обращения в компанию за дополнительными разъяснениями [10].

По возможности, строительная фирма должна предоставлять клиентам возможность получить услугу или информацию удобным для

клиента способом: как при личном посещении офиса обслуживания, так и по телефону или с помощью интерактивных сервисов. Вся информация, доводимая до сведения заказчиков, должна быть просто изложена и доступна к восприятию.

Представления клиентов о качественном обслуживании сегодня - это удобное месторасположение, оперативность. Люди хотят от сотрудников компании вежливости, знания продукта, помощи и энтузиазма. Качественный сер-

вис - это концентрация всех ресурсов и всех сотрудников фирмы на удовлетворении потребностей заказчиков. Именно всех сотрудников, а не только тех, которые непосредственно общаются с клиентом - лично, по телефону или через Интернет.

Одной из важнейших задач клиентоориентированной строительной фирмы является формирование у целевых аудиторий доверия к компании. Группы целевых аудиторий строительной компании представлены на рисунке 1.

Потенциальные инвесторы
Партнеры и профессиональные сообщества
Органы государственной и муниципальной власти
Обычные клиенты

Рис. 1. Целевые аудитории строительной компании [11]

Одним из главных инструментов построения клиентоориентированной строительной компании является стратегия CRM, customer relationship management (управление отношениями с клиентами). Смысл данного понятия можно свести к следующему: «CRM – стратегия, предполагающая использование передовых управленческих и информационных технологий, с помощью которых компания собирает данные о своих клиентах на всех стадиях взаимоотношений, извлекая из них знания и используя их в интересах своего бизнеса путем выстраивания взаимовыгодных отношений с клиентами».

О.Л. Лямзин выделяет два основных принципа, лежащих в основе CRM:

- максимально возможное внимание к каждому имеющемуся и потенциальному клиенту;
- максимально полное получение и использование информации, полученной от клиента [12].

Так, именно переориентация политики строительной компании на клиента способствует формированию действенной клиентской базы потенциальных клиентов, инвесторов, партнеров; повышению конкурентоспособности за счет рыночной направленности компании, которая соответствует тенденциям и правилам современного строительного рынка; выстраиванию системы отношений с клиентом, направленной на их лояльность и долгосрочность; соблюдению баланса интересов компании и удовлетворенности клиента; сокращению бюджета на маркетинг, рекламу, продвижение, и как результат, – устойчивому репутационному потен-

циалу компании на рынке строительного сектора региона.

По справедливому замечанию Б.Б. Аграновича и А.П. Моисеевой, эффективность клиентоориентированного подхода в поле строительной отрасли можно свести к трем основным характеристикам [13]:

1. Ориентация на удержание клиентов. Так как увеличение доли рынка и привлечение новых покупателей стали обходиться все дороже, компаниям оказалось выгоднее использовать потенциал уже имеющейся клиентской базы и обеспечивать рост продаж за счет повышения интенсивности потребления своей продукции уже существующими клиентами.

2. Индивидуальные коммуникации с клиентами. С целью учета персональных потребностей каждого потребителя и предложения ему наибольшей ценности возникла необходимость обеспечения личного интерактивного взаимодействия между ним и компанией. С развитием информационных технологий решение этой задачи стало возможным.

3. Сотрудничество, основанное на отношениях, а не на продукте, поскольку товары и услуги становились все более однообразными, основой для сохранения и развития сотрудничества между компанией и ее клиентами оказались отношения.

Опыт работы в существующих рыночных условиях выявил наиболее важные эффекты от реализации стратегии клиентоориентированности строительных фирм (рисунок 2).

Экономический эффект	Технический эффект	Имиджевый эффект	Изменение кадровой политики
Повышение работоспособности персонала	Использование новейших разработок	Высокая репутация на рынке	Повышение квалификации персонала
Рост производительности труда	Применение инновационных технологий	Статус и престиж компании	Рекрутинг
Повышение качественных показателей компании	Повышение качественных показателей компании	Конкурентоспособность компании на рынке	Стимулирование труда персонала

Рис. 2. Эффективность стратегии клиентоориентированности в строительной компании

При оценке эффективной системы показателей в качестве элементов клиентского сегмента целесообразно использование следующих индикаторов, отражающих клиентоориентированность деятельности строительной компании:

Q1 – доля новых клиентов (представляет собой количественное выражение привлеченных клиентов, за определенный период времени впервые обратившихся в компанию и заключивших договор / договоры на оказание определенных услуг).

Q2 – доля оборота клиентов категории «А» (представляет собой количественное выражение наиболее ценных для строительной компании группы клиентов, которая требует персонифицированного подхода к их обслуживанию, а также постоянного внимания к запросам данного типа клиентов).

Q3 – количество потерянных клиентов (отражает в суммарном выражении общую цифру клиентов отказавшихся от услуг / продуктов компании на определенный период времени исходя из различных субъективно-объективных причин).

Q4 – количество клиентов на одного менеджера отдела / подразделения.

Q5 – средний жизненный цикл клиента (отражает вовлеченность клиента/клиентов в использовании определенного спектра услуг и товаров на пути его взаимодействия с компанией).

Q6 – количество обращений клиентов (сумма всех обращений в компанию на одного клиента с начала формирования их взаимоотношений).

Q7 – степень удовлетворенности клиентов (субъективный показатель, влияющий на лояльность клиента по отношению к компании) [14].

Стоит отметить, что потребители не всегда четко осознают свои потребности, поэтому зачастую компаниям необходимо стратегически ориентироваться не только на выраженные запросы клиентов, но и на скрытые [15]. При этом основной целью должно быть не удовлетворение потребностей, а создание потребительской ценности. Последнее предполагает формирование не просто среднерыночного (конкурентного) предложения, а оно ориентировано на создание предложения с эксклюзивными или уникальными характеристиками, ориентированными на заказ потребителя. В этом случае к соотношению «качество-цена» начинают добавляться нематериальные преимущества – отношения, культура обслуживания, имидж.

Выводы. Таким образом, клиентоориентированный подход в системе управления строительной компанией позволяет управлять отношениями с клиентами, проводить мониторинг клиентов и рынка, поддерживать и развивать наиболее ценных и значимых клиентов, выводить из системы клиентов, представляющих для организации определенный фундамент и обновлять систему новыми продуктивными клиентами.

Управленческая роль клиентоориентированности убедительно доказана Б. Рыжковским, по мнению, которого клиентоориентированность – это инструмент управления взаимоотношениями с клиентами, нацеленный на получение устойчивой прибыли в долгосрочном периоде и базирующийся на трех критери-

ях: ключевой компетенции, целевых клиентах и равенстве позиций [16].

**Статья подготовлена при финансовой поддержке РГНФ и Правительства Белгородской области. Грант «Клиентоориентированная организационная культура вуза как фактор эффективного социально-экономического развития региона» № 16-13-31002 (рук. – И.В. Шавырина).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демененко И.А., Папанова О.А. Реинжиниринг менеджмента компании через призму социального консалтинга // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 235–237.
2. Кравченко Е.Ю. Разработка маркетинговой стратегии организации // Белгородский экономический вестник. 2014. №4 (76). С. 117–127.
3. Дьячков Н.Ф. Сбалансированная система показателей как инструмент стратегического развития предприятия в условиях российской действительности // Маркетинг и маркетинговые исследования. 2005. № 3. С. 10–15.
4. Миславский А. Количественное управление эффективностью // Нефтегазовая вертикаль. 2007. № 22. С. 28–33.
5. Кареева Ю. Клиентоориентирование: теория и практика // Методы менеджмента качества. – 2007. №11. С. 34–38.
6. Патлах И. Клиентоориентированность как философия бизнеса // Ваш бизнес. 2011. №10. С. 24–26.
7. Харский К. Клиентоориентированность как она есть // Управление сбытом. 2007. № 3. С. 34–40.
8. Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А. Анализ научно-технического потенциала предприятий промышленности строительных материалов в контексте оценки необходимости проведения технологической модернизации в отрасли // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 214–218.
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. Герасименко О.А., Авилова Ж.Н. Ключевые бизнес-компетенции как экономическая категория // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 273–277.
11. Руднев Р.В. Клиентоориентированный подход в работе современной строительной компании / Рекламный рынок России: проблемы и перспективы. Международная научно-практическая конференция (20 апреля 2010 г.): материалы и доклады / под общ. ред. проф. Е.В. Сибирской. - Орёл: ОрёлГИЭТ, 2010. С. 49–54.
12. Бахарев В.В., Гузаиров В.Ш. Социализация студенческой молодежи: межкультурные аспекты // Социально-гуманитарные знания. 2012. № 8. С. 20–26.
13. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Перспективы инновационного развития высших школ в современных условиях // Белгородский экономический вестник. 2015. №2 (78). С. 3–8.
14. Gulei I.A., Smolenskaya O.A., Shavyrina I.V., Shapovalova V.A. Conceptual bases of formation client-oriented organizational culture of the high school // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2015. Т 6. № 3(13). С. 551–559.
15. Arkatova O.G., Danakin N.S., Shavyrina I.V. Enhancing adaptability of foreign students // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Т. 6. № 6 С. 276–281.
16. Алиева З.М. Клиентоориентированность в системе управленческого инструментария маркетинга отношений // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. №4. С. 208–212.

Demenenko I.A., Shavyrina I. V.

CUSTOMER FOCUS IN COMPANIES OF THE CONSTRUCTION SECTOR OF THE ECONOMY

Transformation of socio-economic relations, the accelerated development of production systems, introduction of innovative technologies, the development of the economy of excess supply, the reorientation of the development strategy of the organization in a situation of unstable market necessitates the introduction of the company's customer-oriented approach. This approach is seen as a particular concept of the construction business, including the complex of the actions directed on satisfaction and shaping customer needs (end users and Resellers), implemented at all levels and focused on innovative (proactive) development with the aim of achieving a sustainable competitive advantage.

Key words: customer focus, management, construction sector, personnel, efficiency, competitiveness.

Демененко Инна Арамовна, старший преподаватель кафедры социологии и управления Института экономики и менеджмента.

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

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

E-mail: inna12manager@gmail.com

Шавырина Ирина Валерьевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и управления Института экономики и менеджмента.

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

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

E-mail: shavyrina_77@mail.ru

Абакумов Р.Г., канд. экон. наук, доц.,
Оберемок М.И., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В МЕТОДЕ СРАВНЕНИЯ ПРОДАЖ ПРИ КОРРЕКТИРОВКАХ ЦЕН АНАЛОГОВ

AbakumovRG2000@mail.ru

В статье описаны этапы определения рыночной стоимости методом сравнения продаж, проведен аналитический обзор методических инструментов применяемых в методе сравнения продаж при корректировках цен аналогов. Представлено описание методов внесения корректировок, систематизированы источники информации содержащие значения корректировок по различным типам, раскрывается порядок внесения корректировок.

Ключевые слова: рыночная стоимость, оценка недвижимости, сравнительный подход, метод сравнения продаж, объект недвижимости.

В оценочной деятельности метод сравнения продаж является наиболее часто используемым методом при определении рыночной стоимости объекта недвижимости. Он основывается на наличии информации о цене сделки или предложения с объектами недвижимости, являющимися аналогами объекта оценки. В большинстве

случаев объем исследования рынка достаточен для выполнения оценки рыночной стоимости данным методом.

Метод сравнения продаж предполагает последовательное осуществление этапов, изображенных на рисунке [1].

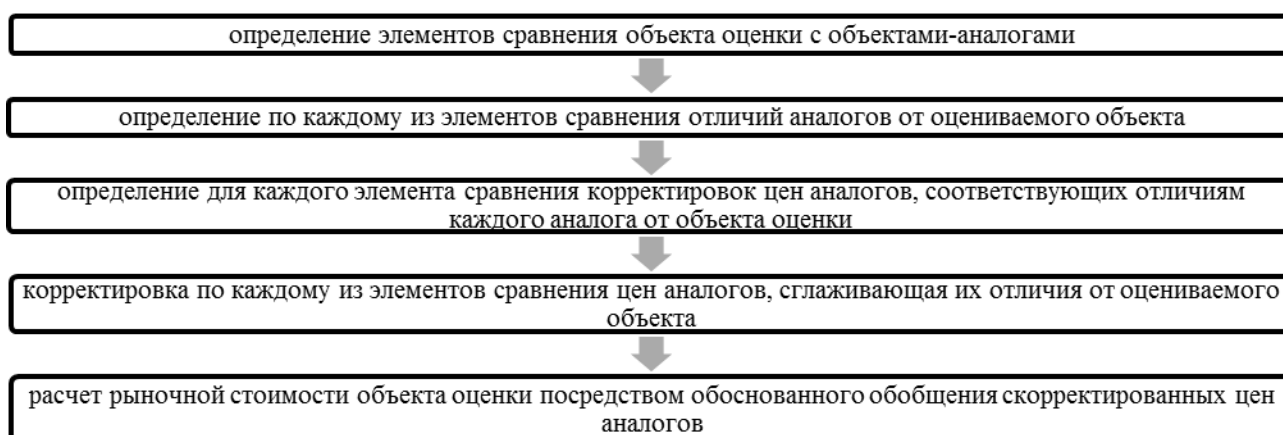


Рис. Этапы определения рыночной стоимости методом сравнения продаж

Законодательство об оценочной деятельности «либерально» регламентирует использование методов применяемых при корректировках описывая их как качественные методы (относительный сравнительный анализ, метод экспертных оценок и другие методы) и количественные методы оценки (метод регрессионного анализа, метод количественных корректировок и другие методы).

В качестве сравнительных элементов объекта оценки с аналогичными объектами недвижимости, обычно используются следующие элементы сравнения: передаваемые имущественные права, ограничения (обременения) этих прав; условия финансирования сделки (вид оплаты, условия кредитования); условия продажи (нетипичные для рынка условия, сделка

между аффилированными лицами); условия рынка (изменения цен за период между датами сделки и оценки, скидки к ценам предложений) вид использования и (или) зонирование; местоположение объекта; физические характеристики объекта (площадь объекта, состояние здания, уровень отделки); экономические характеристики (уровень операционных расходов, условия аренды, состав арендаторов); наличие движимого имущества, не связанного с недвижимостью; другие характеристики, влияющие на стоимость [2].

Выявленные различия объектов по элементам сравнения предполагают внесение корректировок в цены объектов-аналогов на основе принципа вклада этого элемента в стоимость объекта.

Скорректированная цена единицы сравнения Π_{eni} после учета i -й по счету процентной поправки вычисляется по формуле:

$$\Pi_{eni} = \Pi_{en(i-1)} \times (1 + \Pi_{eni}), \quad (1)$$

где: $\Pi_{en(i-1)}$ – цена единицы сравнения до внесения i -й процентной поправки, Π_{eni} – величина i -ой процентной поправки. (п в обозначении поправки означает, что поправка – процентная).

Вследствие внесения оценочных корректировок по объектам-аналогам достоверность данных по этим объектам уменьшается, для чего необходимо согласовать степень вклада каждого аналога в результативный показатель стоимости объекта оценки [3].

Весовые коэффициенты для объектов рассчитываются по формуле:

$$K_{веси} = \frac{Q-q}{Q} \times \frac{1}{P-1} \quad (2)$$

где: $K_{веси}$ – весовой коэффициент; Q – общее количество корректировок; q – количество

корректировок аналога; P – количество аналогов.

Стоимость 1 кв. м общей площади оцениваемого объекта определяется по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot K_{веси}), \quad (3)$$

где: n – количество объектов-аналогов; C_i – стоимость i -го объекта-аналога после всех введенных корректировок; $K_{веси}$ – весовой коэффициент для i -го объекта-аналога, рассчитываемый в согласовании.

В настоящее время существует множество инструментов внесения корректировок, применяемых в методе сравнения продаж. Основная сложность возникает при выборе инструмента внесения корректировок в каждом конкретном случае. Вследствие чего появляется потребность в проведении аналитического обзора методических инструментов применяемых в методе сравнения продаж при корректировках цен аналогов (табл. 1)

Таблица 1

Аналитический обзор методических инструментов применяемых в методе сравнения продаж при корректировках цен аналогов

Описание	Источники	Типы корректировок	Порядок внесения корректировки
Экспертный метод по «Справочнику оценщика недвижимости» под редакцией Лейфера Л.А.			
Значения корректировок получены экспертным методом для всех сегментов объектов недвижимости и земельных участков различного назначения	Лейфер, Л. А. Справочник оценщика недвижимости. Характеристики рынка. Прогнозы. Поправочные коэффициенты: таблицы, графики, гистограммы / [Л. А. Лейфер, Д. А. Шегурова]; Приволжский центр финансового консалтинга и оценки. - Изд. 2-е, актуализир. и расшир. - Нижний Новгород: Приволжский центр финансового консалтинга и оценки, 2012. - 257 с. : ил., табл. Справочник оценщика недвижимости. Том 1. «Корректирующие коэффициенты для сравнительного подхода»/ Под ред. Л.А.Лейфер. – М.: ЗАО «Приволжский центр финансового консалтинга и оценки», 2014. – 257 с. Справочник оценщика недвижимости. Том 3 «Корректирующие коэффициенты для оценки земельных участков»/ Под ред. канд. техн. наук Л.А. Лейфера – Н.Новгород: ООО «Приволжский Центр методического и информационного обеспечения оценки», 2014. – 258с. Справочник оценщика недвижимости. Том I. «Производственно-складская недвижимость»/ Под ред. Л.А.Лейфер. – М.: ЗАО «Приволжский центр финансового консалтинга и оценки», 2016. Справочник оценщика недвижимости. Том II. «Офисно-торговая недвижимость и сходные типы объектов»/ Под ред. Л.А.Лейфер. – М.: ЗАО «Приволжский	торг; имущественные права; общая площадь; месторасположение в пределах города; месторасположение в пределах области; расположение относительно «красной» линии; назначение объекта; тип объекта; этаж расположения; материал стен; физическое состояние здания; состояние отделки; наличие коммуникаций; доступ к объекту наличие отдельного входа; тип парковки; наличие ж/д ветки; инженерно-	$\Pi_i = \Pi_{i-1} \times (1 + \frac{\Pi_i}{100\%})$ где: Π_{i-1} – цена единицы сравнения до внесения i-й, Π_i – величина i-ой процентной поправки.

	центр финансового консалтинга и оценки», 2016. Справочник оценщика недвижимости. Том III. «Земельные участки»/ Под ред. Л.А.Лейфер. – М.: ЗАО «Приволжский центр финансового консалтинга и оценки», 2016.	геологические условия; наличие оборудования	
Экспертный метод по «Справочнику расчетных данных для оценки и консалтинга» СРД № 13 под редакцией Яскевича Е.Е.			
Цифровые расчетные параметры получены с помощью апробированных методик и программных продуктов. Корректировки вносятся в зависимости от сегмента недвижимости	Справочник расчетных данных для оценки и консалтинга (СРД №13) / Под ред. канд. техн. наук Е.Е. Яскевича. - М.: ООО "Научно-практический Центр Профессиональной Оценки", 2013. – 50 с.	торг; имущественные права	$Ц_i = Ц_{i-1} \times \left(1 + \frac{\Pi_i}{100\%}\right),$ где: $Ц_{i-1}$ - цена единицы сравнения до внесения i -й, Π_i - величина i -ой процентной поправки.
Метод степенной зависимости Яскевича Е.Е.			
Метод основан на степенной зависимости между ценой и площадью объекта	Яскевич Е.Е., статья «Особенности применения сравнительного подхода к оценке недвижимости (корректировка на масштаб)», интернет-страница: http://www.appraiser.ru/default.aspx?SectionId=41&Id=1582&mode=doc/	общая площадь	$Ca/Cb = (Sa/Sb)^k$ где: Ca - удельная цена объекта «А», руб./кв.м; Cb - удельная цена объекта «Б», руб./кв.м; Sa - площадь объекта «А», кв.м; Sb - площадь объекта «Б», кв.м; k - степенной коэффициент, связывающий соотношения удельных стоимостных показателей и показателей площади, определяемый оценщиком по рыночным данным. $k = \ln(Ca/Cb) / \ln(Sa/Sb)$ где k - степенной коэффициент, $\ln(Ca/Cb)$ - логарифм отношения удельной цены объекта «А» к удельной цене объекта «Б», руб./кв.м; $\ln(Sa/Sb)$ - логарифм отношения площади объекта «А» к площади объекта «Б». Расчет корректировки: $K_m = ((So_{ck}/San_k) - 1) \times 100\%$ где K_m - корректировка на масштаб (площадь) объекта; So_{ck} - площадь оцениваемого объекта с учетом корректировки на степенной коэффициент k ; San_k - площадь аналогичного объекта с учетом корректировки на степенной коэффициент k .
Экспертный метод компании «Русская Служба Оценки».			
Величины корректировок получены пу-	статья А.А. Марчук, Е.А. Бутова «Скидки на торг: Реалии кризиса», www.Appraiser.ru , 23.03.2009 г.;	торг	$Ц_i = Ц_{i-1} \times \left(1 + \frac{\Pi_i}{100\%}\right),$ где: $Ц_{i-1}$ - цена единицы

тем обобщения мнения профессиональных участников рынка недвижимости (риэлторов, девелоперов), собранных в ходе проведения интервью	интернет-сайт ООО «Русская служба оценки», страница: http://www.msvs.ru/data/nles/articles/rusvs-05.pdf .		сравнения до внесения i -й, Π_i - величина i -ой процентной поправки.
Экспертный метод НРО РОО, г. Новосибирск			
Результаты экспертных оценок величин значимых параметров, используемых в оценочной деятельности, по данным опроса, проведенного в соответствующем регионе за соответствующий период. Корректировка рассчитывается для единых объектов недвижимости, либо земельных участков, в зависимости от использования исходных данных, которые представлены на сайте НРО РОО	сайт НРО РОО: http://www.noroo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=488:rezultaty-ekspertnyh-otsenok-velichin-znachimyh-parametrov-ispolzuemyh-v-otsenочноj-deyatelnosti-1kv&catid=20:2010-04-18-04-09-15&Itemid=26 .	торг; имущественные права	$\Pi_i = \Pi_{i-1} \times (1 + \frac{\Pi_i}{100\%})$, где: Π_i -1- цена единицы сравнения до внесения i -й, Π_i - величина i -ой процентной поправки.
Экспертный метод ГУП ГУИОН, г. Санкт-Петербург			
По результатам исследования, проведенным для земельных участков в 2009-2011 гг., представленным на сайте ГУП ГУИОН	сайт ГУП ГУИОН: http://www.guion.spb.ru/usernles/korrektir.pdf .	торг	$\Pi_i = \Pi_{i-1} \times (1 + \frac{\Pi_i}{100\%})$, где: Π_i -1- цена единицы сравнения до внесения i -й, Π_i - величина i -ой процентной поправки.
Метод экспоненциальной зависимости Власова А.Д.			
метод основан на соотношении коэффициента корректировки удельной стоимости оцениваемого земельного	Методические рекомендации по определению рыночной стоимости земельных участков по кадастровым кварталам города Новосибирска, СО РАН, 2007 г. (автор Власов А.Д.), http://www.cal.su/news_articles/docs/met_nas_punkt.pdf	общая площадь	$K_s = 1,8359 * S - 0,0853$ где K_s - коэффициент корректировки удельной стоимости; S - площадь земельного участка, кв.м. Величина корректировки: $K_m = ((K_{s06}/ \text{ЮГИ}) * 100\%)$ где K_m - корректировка на площадь; K_{sob} - расчетное зна-

участка и коэффициента корректировки удельной стоимости участка-аналога			чение коэффициента корректировки удельной стоимости оцениваемого земельного участка; Kсан - расчетное значение коэффициента корректировки удельной стоимости аналога.
Метод компании «ФБК», г. Москва			
метод основан на степенной зависимости между площадью объекта оценки и площадью аналога	«Инструкции № 1-03 по расчету стоимости неспециализированных улучшений земельных участков (зданий) сравнительным подходом» ООО «ФБК» (ООО «Финансовые и бухгалтерские консультанты»), г. Москва, сайта ООО «ФБК»: http://www.fbk.ru/company/ .	общая площадь	$KM = (((So/Sa)n)-1)*100$ где Км - корректировка на масштаб (площадь), %; So - площадь оцениваемого объекта, кв.м; Sa - площадь объекта-аналога, кв.м. п - показатель степени (коэффициент торможения), Коэффициент торможения: $n = \lg(C1/C2)/\lg(P1/P2)$ где n - коэффициент торможения; C1, C2 - стоимости сравнительной единицы недвижимого имущества; P1, P2 - одноименные параметры недвижимости.
Аналитический метод по справочникам «Ко-Инвест»			
определение корректировки для улучшений в зависимости от соотношения площади объекта оценки и аналога по таблице	УПСС "Общественные здания", Ко-Инвест, 2014 г.	общая площадь	Обозначения в таблице: So - площадь оцениваемого объекта; Sспр - площадь объекта-аналога; Ко - корректировка на масштаб (площадь) объекта.
Поправка Мисовца			
сопоставление парных продаж объектов недвижимости с анализом влияния масштаба на их удельную стоимость.	Изложение метода для земельных участков: С.В.Орлов, Ю.А. Цыпкин «Рыночная оценка имущества города», М: Юнити-Дана, 2002 г.; Пример расчета: сайт «Консалтинг и тренинги» http://www.treko.ru/show_article_972 . Для строений метод приведен на сайте LABRATE.RU: http://www.labrate.ru/misovets/2002_article_misovets_popravka.htm .	общая площадь	Величина корректировки рассчитывается в процентах, в зависимости от разницы в площадях объекта оценки и аналога. В случае наличия на рынке достаточного количества аналогичных объектов для составления корректной выборки, определяется зависимость изменения стоимости от различия в площадях объектов.
Аналитический метод по сборнику «ТАО, 2015 г.			
Расчет корректирующих коэффициентов согласно сборнику аналитическим данным	Аналитический сборник «Рыночные корректирующие коэффициенты для оценки объектов недвижимости» (исследования ООО «Территориальное агентство оценки», 2015 г., http://tao-samara.ru). Сборник включает 3 части по трем группам городов: - с численностью населения более 1 млн. человек; - с численностью населения от 250 тыс. до 1 млн. человек;	общая площадь	$Ц_i = Ц_{i-1} \times (1 + \frac{\Pi_i}{100\%})$, где: Ц _{i-1} - цена единицы сравнения до внесения i-й, П _i - величина i-ой процентной поправки.

	- с численностью населения до 250 тыс. человек.		
Метод обеспеченности здания земель			
определение разницы в обеспеченности земельным участком оцениваемого объекта и объекта - аналогом и применяется для застроенных земельных участков. Величина корректировки определяется в денежном выражении, долей от среднерыночной удельной стоимости земельных участков в соответствующем сегменте рынка.	Вольнова В.А. Обзор вариантов расчета корректировок при оценке недвижимости сравнительным подходом / В.А. Вольнова – Новосибирск: изд-во «СГУВТ», 2015	общая площадь	1. Определяется площадь земельного участка, приходящаяся на 1 кв. м общей площади здания для оцениваемого объекта и объектов - аналогов (S') по формуле: $S' = S_{zy}/S_{зд}$ где S' - площадь земельного участка, приходящаяся на 1 кв. м общей площади здания; S_{zy} - площадь земельного участка; $S_{зд}$ - площадь здания на земельном участке. 2. Определяется величина корректировки на масштаб по формуле: $M = (S'_o - S'_{ан}) * 100$, где S'_o - площадь земельного участка, приходящаяся на 1 кв. м общей площади здания для оцениваемого объекта, кв.м; $S'_{ан}$ - площадь земельного участка, приходящаяся на 1 кв. м общей площади здания для аналога, кв.м.
Метод компании «РусБизнесПрайсИнформ»			
в «Справочнике корректировок для оценки стоимости» приводятся результаты исследования поправки для объектов различной площади	«Справочник корректировок для оценки стоимости», разработанный компанией «РусБизнесПрайсИнформ», г. Москва: www.rbpinform.ru .	общая площадь	Корректировка определяется по таблице в Справочнике ООО «РусБизнесПрайсИнформ»
Метод с использованием индекса инфляции			
использование индекса среднемесячного темпа инфляции по статистическим данным, приведенным на сайте Сбербанка РФ	Сайт Сбербанка РФ: http://www.cbr.ru/statistics/infl/Inn_01112014.pdf	условия рынка (дата продажи)	$K = (k_1 * k_2 * k_3 * \dots * k_n) * 100\%$ где K - величина корректировки, отражающая изменение цены от даты предложения до даты оценки (помесячно), 1, k_2 , k_3 - индекс среднемесячного темпа инфляции (начиная с месяца предложения аналога), k_n - индекс среднемесячного темпа инфляции за месяц даты оценки
Метод с использованием индекса цен на СМР			
расчет корректировки для единых объектов недвижимости с ис-	Справочники Ко-Инвест	условия рынка (дата продажи)	$K = (k_o/k_n) * 100\%$ где K - величина корректировки, отражающая изменение цены от даты предложения до даты оценки, k_o - индекс

пользованием справочников Ко-Инвест «Индексы цен в строительстве» за несколько периодов			изменения цен на СМР за месяц до даты оценки (до первого числа месяца даты оценки); кп - индекс изменения цен на СМР за месяц предложения.
Метод с использованием данных архива цен на недвижимость			
Применение данных по архивным ценам на недвижимость в соответствующем регионе. Корректировка рассчитывается для единых объектов недвижимости и земельных участков, в зависимости от использования исходных данных по средней цене	сайт РосриэлтНедвижимость: http://www.rosrealt.ru	условия рынка (дата продажи)	$K = ((Ц_о/Ц_{пр}) - 1) * 100\%$ где К - величина корректировки, отражающая изменение цены от даты предложения до даты оценки, Ц _о - средняя цена на недвижимость на дату оценки; Ц _{пр} - средняя цена на недвижимость на дату предложения
Метод парных продаж			
анализ рыночных данных о предложениях аналогичных объектов из открытых СМИ	Вольнова В.А. Обзор вариантов расчета корректировок при оценке недвижимости сравнительным подходом / В.А. Вольнова – Новосибирск: изд-во «СГУВТ», 2015	местоположение наличие коммуникаций	$K = ((C_o - C_{пр}) / C_{пр}) * 100\%$ где К - величина корректировки, %; C _о – средняя стоимость 1 кв.м аналогичного объекта на дату оценки, руб.; C _{пр} - средняя стоимость 1 кв.м аналогичного объекта на дату предложения, руб.
Использование экспертной шкалы			
составление экспертной шкалы, отражающей качественные характеристики объекта	Вольнова В.А. Обзор вариантов расчета корректировок при оценке недвижимости сравнительным подходом / В.А. Вольнова – Новосибирск: изд-во «СГУВТ», 2015	наличие коммуникаций	Применяется качественная экспертная шкалы величин корректировок, составленная, исходя из того, что использование сходного объекта в качестве аналога возможно при максимальной величине корректировки 30%. При этом величины корректировок соответствуют объему превышения или недостатков коммуникаций аналога относительно объекта оценки
Метод компании «ЦЭАиЭ»			
Корректировки отражают изменение стоимости земельного участка в зависимости от наличия или	сайт компании «Центр экономического анализа и экспертизы»: http://www.ceae.ru/ocenka-zemel-uchastkov.htm сайт журнала RVIEW: http://www.rview.ru/segment.html сайт ГП «Костромаоблтехинвентаризация»:	наличие коммуникаций	Процентное выражение корректировок определено в зависимости от вида коммуникаций и их наличия / отсутствия у данного объекта

отсутствия подведенных ком-муникаций.	http://www.kobti.ru/assessment/land		
Метод с использованием данных аналитических агентств			
сопоставление цен на рынке недвижимости в зависимости от местоположения	данные Мониторинга рынка коммерческой недвижимости аналитического агентства RID ANALYTIK: http://www.ridasib.com/	местоположение	$K = ((Co/San) - 1) * 100\%$ где К - величина корректировки, %, Со - средняя стоимость 1 кв.м аналогичного объекта в месте расположения объекта оценки, руб.; Сан - средняя стоимость 1 кв.м аналогичного объекта в месте расположения объекта-аналога, руб.
Метод ранжирования факторов			
Ранжирование по балльной системе показателей, влияющих на стоимость объекта оценки. Количество баллов, характеризующих качество объекта по данному фактору, и перечень рассматриваемых факторов различаются в зависимости от особенностей объекта оценки. После расстановки баллов по каждому аналогу и объекту оценки эти баллы суммируются, и последовательно находится отношение суммы баллов объекта оценки к сумме баллов каждого аналога.	использование аналитических исследований ООО «Интегрированные Консалтинговые Системы», г. Москва (http://iksys.ru). Пример расчета поправки: http://ocenschiki-i-eksperty.ru/nles/open/165/34cd3783dl2a8c3024fdb4bc11de901551d9d17ce90ff9db790132274aee20b7/%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0+%D0%BD%D0%B0+%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5.pdf	местоположение	$K = ((Bob/Ban) - 1) * 100\%$ где К - корректировка на местоположение, %; Боб - сумма баллов объекта оценки; Бан - сумма баллов объекта-аналога.
Метод соотношения кадастровых стоимостей земли			
в условиях недостатка или отсутствия информации (для неразвитых рынков) предполагается использование соотно-	Постановление Правительства соответствующего муниципального образования о государственной кадастровой оценке оцениваемой категории земель	местоположение	$K = ((KCoB/KSan) - 1) * 100\%$ где К - корректировка на местоположение, %; КСоб- кадастровая стоимость 1 кв.м земли в месте расположения объекта оценки, руб.; КСан - кадастровая стоимость 1 кв.м земли в месте

шений кадастровой стоимости земель соответствующего разрешенного использования в месте расположения объекта оценки и объекта-аналога			расположения объекта-аналога, руб.
--	--	--	------------------------------------

Выбор метода внесения корректировки зависит от типа недвижимости, назначения объекта, даты оценки, а также полноты данных исследуемого рынка и субъективного мнения оценщика.

Представленный в таблице аналитический обзор методических инструментов применяемых в методе сравнения продаж при корректировках цен аналогов отображает все многообразие инструментария оценщика, который может быть использован при определении стоимости недвижимости в рамках метода сравнения продаж, что говорит о дескриптивной методологии оценки. Существующие положение в области оценочной деятельности требует разработки нормативного (предписывающего) подхода к применению методических инструментов применяемых в методе сравнения продаж при корректировках цен аналогов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон Российской Федерации «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29 июля 1998 года № 135.
2. Приказ Минэкономразвития России от 25.09.2014г. № 611 «Об утверждении федерального стандарта оценки «Оценка недвижимости (ФСО №7)».
3. Ходыкина И.В. Анализ существующих моделей для прогнозирования ценообразования на региональных рынках недвижимости. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 14–18.
4. Назина К.С. Исследовательские основы анализа рынка недвижимости. // Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах. 2015. С. 171–174.
5. Назина К.С. Методические аспекты оценки трансформационных процессов на рынке жилой недвижимости // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. 2015. С. 275–278.
6. Жидкомлинов Б.М. Социально-экономические портреты целевых группировок покупателей жилой недвижимости // Инновационная наука. 2016. № 6-1. С. 106–108.
7. Шумайлова Н.С. Объекты недвижимости и факторы их инвестиционной привлекательности // Инновационная наука. 2016. № 9 (21). С. 109–111.
8. Нейман К.И. Выработка новых и совершенствование существующих методик определения стоимости мероприятий по комплексному инфраструктурному развитию территорий под индивидуальное жилищное строительство // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. 2015. С. 281–283.
9. Дорошенко Ю.А., Авилова И.П. К вопросу о назначении ставки дисконтирования при оценке эффективности инвестиционных проектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2007. Т. 4. № 8. С. 169–172.

Abakumov R.G.

ANALYTICAL REVIEW OF THE METHODOLOGICAL TOOLS USED IN THE SALES COMPARISON APPROACH WHEN PRICE ADJUSTMENTS ANALOGUES

The article describes the stages of determining the market value by comparing sales conducted analytical review of the methodological tools used in the sales comparison approach, when adjustments of prices counterparts. The description of methods, corrections, systematic sources of information containing the values of adjustments for various types of disclosed procedure for making adjustments.

Key words: market value, property valuation, comparative approach, sales comparison approach, the property

Абакумов Роман Григорьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы и управления не-

движимостью.

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

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

E-mail: AbakumovRG2000@mail.ru

Оберемок Марина Игоревна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

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

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

E-mail: marina-ober@mail.ru

*Щетинина Е.Д., д-р экон. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Щетинина Е.А, канд. экон. наук, ст. препод.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ПОЛИТИКИ В НОВЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

schetinina@inbox.ru

В статье рассматриваются новые условия, в которых приходится сегодня планировать и реализовывать корпоративную социально-экономическую политику, систему деловых и общественных взаимоотношений, исходя из чего требуется развитие и коррекция принципов и правил ее формирования. В частности, расширяются границы виртуальной и нейроэкономики, усиливаются требования соблюдения социальной ответственности бизнеса и экологические нарративы. Это меняет формат и качество задач, стоящих перед компаниями, а также принципы построения корпоративной политики. В статье рассмотрен ее состав и содержание с учетом новых условий и задач, выявлено ее отличие от корпоративной стратегии и рыночной политики.

Ключевые слова: корпоративная политика, социально-экономическая политика, корпоративная социальная ответственность, социальная ответственность бизнеса, экономика знаний, рыночная власть, социально-значимые рынки.

Введение. Новая экономика имеет ряд специфических черт, накладывающих отпечаток на условия ведения бизнеса и его менеджмент, а именно: сетизация, информатизация, дематериализация, изменение форм торговли и продвижения, обновление форм занятости и финансирования проектов, кластеризация и т.д.. Экономике XXI века называют экономикой впечатлений, знаний и энергоинформационных потоков, нейроэкономикой, в ней принципиально меняются технологии, предмет труда, целевые аудитории, а также усиливаются требования социальной ответственности бизнеса. В связи с этим существовавшие ранее формы и модели деловых отношений, организации производства, труда и обмена не могут служить успешности бизнеса, удовлетворять партнеров и потребителей, а также социум и его различные группы. Особенно важно это для корпораций, работающих на социально-значимых рынках: сфера образования, строительство, пищевая промышленность, розничная торговля, услуги населению, фармацевтика и здравоохранение. Поэтому требуется модернизация подходов к разработке корпоративной политики, учитывающих новые атрибуты и эволюционно более соответствующих этапу перехода к экономике знаний, инновационному и социально-сбалансированному типу развития.

Методология. Традиционно политика определяется как область взаимоотношений и различных видов деятельности между социальными общностями людей по осуществлению общих интересов с помощью разнообразных средств. В сфере государственной политики основным из них выступает политическая власть.

Специфика политики заключается в том, что она фиксирует отношения между большими массами людей, различные интересы которых интегрируются в единое целое. Политика сводит индивидуальное, коллективное выражение воли в интегративно-целое, системное качество, которое наиболее четко выражено именно в политической области человеческой жизни, но и в социальной деятельности. Отметим, что политика как таковая всегда носит властный характер, ибо достичь поставленных целей невозможно вне принуждения, волевых усилий и воздействий субъектов по достижению всеобщих интересов людей.

Что касается экономической или хозяйственной политики на микроуровне (далее корпоративной социально-экономической политики, КСЭП), здесь власть и принуждение – не единственное и далеко не главное средство достижения экономико-политических целей. Вступают в силу мотивы иного плана, поэтому необходимо понимать, как и под влиянием чего принимаются решения участниками экономических отношений и как они подвержены политике. Эти решения носят не только рационально-прагматический характер, но зачастую, наоборот, иррациональный, подсознательный. **Сверхзадача корпоративного менеджмента – политически обеспечить экономические механизмы и эффективность своей деятельности как субъекта и социума, и рынка.** Поэтому выстраивание КСЭП – процесс многоплановый и крайне сложный, как и сама эта категория, объединяющая элементы как рыночно-маркетингового, так и нерыночного свойства.

При этом учтем, что возрастает значимость накопления социального капитала экономических субъектов [13, 14].

Основная часть. Исходя из вышеизложенного, в рамках корпоративной политики следует, прежде всего, определять некие условные границы для рыночных и нерыночных отношений. Как известно, рыночная политика предприятий – деятельность, включающая определение и выбор согласованных целей, касающихся инвестирования в рынки и продукты, сервис, бренды, коммуникации, торговую и ценовую политику, а также в различные формы делового и социального партнерства и PR. Она зачастую именуется маркетинговой и предполагает выявление и исследование наиболее важных потребительских сегментов, установление системы коммуникаций с потенциальными и реальными потребителями, изменение внутренней организации и управления предприятия-производителя, для лучшего восприятия рыночных сигналов и адаптации выпускаемой продукции (по ассортименту, качеству, цене) к требованиям потребителей, построение/выбор дистрибьюторской сети, стимулирование продвижения продукции к потребителю, трансформацию и передачу сигналов рынка вверх по технологической цепочке путем налаживания взаимоотношений с поставщиками.

Нерыночная часть КСЭП также охватывает отношения по поводу производства и распределения благ, но, в отличие от рыночных, оперирует при этом другими измерителями. Блага, которые создаются при этом – большей частью нематериального свойства: это связи, репутация, надежные отношения. Дело в том, что в настоящее время нельзя говорить только о рыночной политике в чистом виде, поскольку имеет место быть ряд социально-значимых рынков и проблем, касающихся удовлетворения общественных потребностей, на макро- и мезоуровнях. Так, в России начала XXI века проведение социально-демографической политики обуславливает развитие агломераций, градообразующих предприятий, некоммерческих организаций, включая муниципальные, бюджетные меры в области здравоохранения, культуры, помощи отдельным категориям граждан и т.п..

Для формирования КСЭП необходимо оценивать социальную значимость тех рынков, на которых действует или собирается действовать корпорация. Для этого необходимы соответствующие методики, шкалирование, экспертирование со стороны не только маркетологов, но и социологов, а также органов территориального управления. В этом плане интересны работы О.С. Песковой, Е.А. Бородиной, Т.И. Борискиной

[1] и др. Суть в том, что, эти рынки находятся под пристальным вниманием государства. Но, как нам представляется, помимо официально установленного перечня социально-значимых рынков, все рынки имеют определённый уровень общественной важности, которая может меняться в зависимости от времени, конкретных условий, различных процессов в демографии и территориальном развитии.

К вопросу о соотношении корпоративной стратегии и политики можно отметить следующее. Слово «политика» и само это понятие образовалось примерно в те же времена, что и стратегия, в Древней Греции. Но в те времена политика и стратегия разделялись очень явно и ясно. Политика – это то, что в мирное время, стратегия – то, что во время войны. За 2 тысячи лет эти понятия усложнились, размылись, появились новые формы, новые применения, и теперь сложнее разделить, где политика компании, например, а где стратегия? Но, как пишет Клейн, политика есть управление чем-то во время мира, а стратегия – управление во время войны. Они отличаются тем, что: а) в пространстве политики существует гораздо больше субъектов и б) политика держится на системе договоренностей и слов. Во время войны ситуация другая: есть два врага, два лагеря. Даже если воюет много государств, всегда есть линия фронта. И если какие-то силы еще есть, они определяются по отношению к линии фронта: за красных или за белых. Если кто-то ни за красных, ни за белых, то это он просто не определился пока, но он будет вынужден определиться. Другими словами, пространство войны – это экстремальная зона политики. И экстремальная она не по виду используемых инструментов – там слова, здесь штыки – а тем, что поле с извилистыми и множественными потоками политик приобретает предельную ясность. Экстремальность ситуации заключается в том, что она предельно упрощается в своем экстремуме, – доразвившись, доопределившись до этого экстремума, докристаллизовавшись. Стратегия – это вопрос о победе – в таком-то масштабе, на таком уровне. Политика – вопрос о власти. И этим еще раз подтверждается, что стратегия и политика при всей их взаимосвязанности – дваразных пространства» [2].

Таким образом, КСЭП – совокупность ключевых направлений деятельности и те более или менее определенные рамки, та система договоренностей, этических, общественных, экологических и прочих норм и правил, в которых она строится. Можно сказать, что это свод бизнес-правил, принятых высшим корпоративным менеджментом на весьма длительное время, норм поведения по отношению к персоналу, партне-

рам, социальным группам и их проблемам. Что касается, стратегии, то это – определение объектов приложения первоочередных усилий, описание предполагаемых действий, оценка и планирование конкретных издержек на реализацию данного долгосрочного, но более короткого в сравнении с политикой, плана. Политика – это фиксация и внедрение в практику, в философию работников того, что можно и что нельзя делать членам корпорации по отношению к персоналу, внешним партнерам, социальным группам, к природе – в конце концов.

Особое внимание при формировании КСЭП следует уделять:

- формированию приоритетов долгосрочного развития, которые задают контуры корпоративной политики;

- выбору разноаспектных и объективных критериев оценки при принятии крупных решений;

- учету интересов групп влияния с целью построения коммуникативного поля.

Реализация КСЭП невозможна без внутренней перестройки самого предприятия – на основе принятия неких принципов – чести, гуманности, экологичности, «золотого сечения» – появления новых или обновленных функций и видов деятельности, повышения и изменения качества его коммуникационной активности, создания условий для управления интегрированными процессами, комплексного использования маркетингового инструментария. Но сегодня маркетинг приобретает черты социальной философии, гуманитарного свойства и новых нарративов. Это требует развития его методического аппарата в разрезе формирования КСЭП. Отсутствие же КСЭП – причина блуждания компании от одной новой "идеи" до очередной, причина для неоправданных расходов, паразитирования или пожирания одних бизнес-направлений другими, отсутствия внятного и понимаемого рынком и обществом позиционирования.

Иными словами, для выработки системной методологии формирования КСЭП требуется уточнение ее задач, функций и состава, а также системы факторов, влияющих на выбор той или иной политики.

Обобщив точки зрения ряда авторов, мы можем задачи КСЭП укрупненно обозначить следующим образом:

1. Фиксация нравственных, этических, философских воззрений, взглядов на роль компании для рынка и социума, производство социальных ценностей;

2. Определение правил, устанавливающих основные рамки рыночной деятельности в отношении: персонала, товаров, мест продаж,

цен, продвижения (комплекса маркетинга "4P" или больше, до "9P") и общественности в лице его групп;

3. Долгосрочная фиксация основных принципов поведения по отношению к участникам рынка: торговым партнерам, производственным партнерам, конкурентам, покупателям и потребителям.

В этой связи следует уточнить круг решаемых предприятием задач в современных условиях по сравнению с XX веком и новые концепции, овладевающие массовым сознанием. Именно отсюда вытекает необходимость изменения методов бюджетирования, технологий принятия управленческих решений и прочих функционалов. Мы имеем в виду, например, сетевые формы взаимодействия, идею агломерации для выравнивания условий жизни города и сельской местности, кластерную теорию и практику, экологический менеджмент, концепцию социальной ответственности бизнеса (КСО). Кратко рассмотрим ее суть. Идея социальной ответственности руководителей всех звеньев управленческой цепочки перед учредителями, а также перед персоналом, потребителями и обществом в целом стала популяризоваться в 30-е годы (Г. Минз и А. Берли, Г. Боуэн [3, 9], К. Уолтон [4]), в рамках её корпорации рассматриваются с точки зрения частнопредпринимательского института, который априори не должен быть освобожден от ответственности перед обществом. Согласно КСО, бизнесмены в своей деятельности, прежде всего, должны полагаться на общественные интересы и ценности, тем самым выбирая социально значимые направления для развития своей деятельности. Так зародился термин «социальный капитализм», означающий, что наряду с экономически обусловленными ценностями, компании должны производить и иные – социальные. По К. Уолтону, социальная ответственность бизнеса предполагает взаимосвязь трех игроков: корпорации; государство; общество [4]. Он аргументирует свою позицию тем, что общество не может пребывать в благосостоянии исключительно за счет государства. К. Уолтон считал, что негласному противостоянию между государством и предпринимательством должен быть положен конец. Так появились компоненты концепции социальной ответственности бизнеса, выделенные отечественными авторами:

- отказ компаний от личной выгоды в случае, если она противоречит интересам общества;
- экономическая система должна опираться на принципы плюрализма;
- благосостояние общества обеспечивается за счет государства и бизнеса;

- в рамках каждой компании модель ведения бизнеса должна быть разработана с учетом личных интересов, а также потребителей, рабочих, конкурирующих фирм и прочих игроков[5].

Выделяют три основные концепции социальной ответственности бизнеса:

- Корпоративный альтруизм. Согласно данной концепции, корпорации являются важнейшим общественным институтом. Своей деятельностью они оказывают влияние не только на конкурирующие с ними по сфере деятельности компании, но и на общество в целом. Это означает, что корпорации несут равновеликую с правительственным аппаратом ответственность за благосостояние людей.

- Разумный эгоизм. Эта теория сводится к тому, что каждая компания в первую очередь заинтересована в получении собственной выгоды. Ни одна из форм бизнеса не имеет законодательной власти, чтобы влиять на благосостояние людей и решать социальные проблемы государства, но прозрачное ведение предпринимательской деятельности, честная выплата налогов и забота о персонале являются опосредованной помощью со стороны бизнеса, пополняющей госказну.

- Корпоративный эгоизм. Каждая теория всегда имеет своих сторонников и противников. Если две предыдущие концепции были направлены на поддержание принципов социальной ответственности со стороны корпоративных структур, то эта является противоборствующим элементом в цепочке развития бизнеса.

Уже М. Фридмен констатирует, что забота о всеобщих интересах подрывает фундаментальную доктрину о том, что основной целью любого предприятия является получение прибыли. Задача любой бизнес-единицы – осуществление своей деятельности в рамках закона, с оптимизацией ресурсно-затратной базы так, чтобы при равных конкурентных условиях иметь преимущества (в том числе репутационные) и зарабатывать как можно больше [6].

В современных условиях определение КСО еще более углубляется. Нынешняя ситуация в мире указывает на глобальные изменения в сфере ведения предпринимательской деятельности. Перемены наблюдаются не только в новых методах работы, но и в психологии самих бизнесменов. Так или иначе, для того чтобы фирма была на плаву, руководству приходится сталкиваться с поиском эффективных инструментов управления, учитывающих новые и новейшие, возможно, хорошо забытые, факторы устойчивости, энтузиазма и роста [15], которые использовались, например, еще в Древнем Риме и

Египте – пример лидера, общая высокая идея, мощь взаимодействия, порождающая синергию.

Следует отметить, что к этой проблематике уже обращаются не только зарубежные, но и отечественные авторы. Так, Л.В. Колпина и Н.Н. Реутов выделяют такую разновидность социального капитала, как инновационный социальный капитал, а также антисоциальный капитал, не носящий созидательный характер, появление которого связано с неправовыми формами и способами экономического поведения, институциональным вакуумом.

Поэтому внедрение принципов КСО жизненно необходимо на всех уровнях управления. На рис.1 отражены принципы КСО и условия их формирования и реализации на уровне региона.

Принято считать, что понятие социальной ответственности бизнеса больше относится к академической терминологии, в то время как в предпринимательской среде чаще можно услышать другие интерпретации названия, и наиболее часто встречаемых из них:

- Корпоративная этика;
- Корпоративная ответственность;
- Устойчивое развитие;
- Ответственный бизнес;
- Корпоративная социальная ответственность.

Итак, социальная ответственность бизнеса являет собой динамично меняющуюся совокупность обязательств, соответствующую специфике деятельности конкретной компании, которая подразумевает нацеленность на достижение внутренних и внешних целей путем принятия управленческого решения, согласованного с мнением ключевых игроков (акционеров, персонала, потребителей). Результаты внедрения СОБ обеспечивают развитие и стабилизацию организации на рынке через:

- рост объемов производства и сбыта;
- улучшение показателей качества продукции и сопутствующего сервисного обслуживания;
- повышение имиджа компании;
- становлению корпоративной идентичности;
- рождение и узнаваемость корпорации как бренда;
- укрепление партнерских связей;
- государственные льготы.

Что касается связи СОБ с экономической эффективностью, она не всегда прямая, порой опосредованная, но ощутимая. Так, можно привести следующие факты [6]:

- согласно статистике общенациональной ежедневной газеты США «USA Today» 83 %

граждан их страны доверяют компаниям, доказавшим свою социальную ответственность;

- 80 % молодых специалистов подыскивают себе работу только в компаниях, которые занимаются вопросами охраны окружающей среды;

- 75 % работников верят, что работодатели, обеспечивающие на предприятии условия

высокой социальной ответственности, заинтересованы в их развитии;

- согласно исследованиям Института Бизнес Этики экономические показатели компаний, которые следуют принципам СОБ, в среднем, имеют доходы на 18 % выше, нежели у их оппонентов.



Рис. 1. Схема корпоративной социальной ответственности бизнеса в региональном разрезе

Представители ООН проводят многочисленные исследования и призывают общество обратить внимание на ограниченность ресурсов планеты. По их мнению, люди больше потребляют благ, чем производят и это может привести к скорому истощению Земли. В стремлении спасти человечество и сохранить природные ресурсы СОБ является центральным элементом в разработке новых стратегий управления. Нам представляется, что СОБ важна прежде всего, при разработке и проведении корпоративной экономической политики, а затем на уровне функциональных стратегий.

СОБ носит многоуровневый характер: ее базовым уровнем является своевременная оплата налогов, предоставление рабочих мест и выплата заработных плат. Это те минимальные условия, без которых ни одно предприятие не сможет успешно функционировать. На втором месте по степени важности выступает создание адекватных рабочих условий для персонала. Сюда входит повышение квалификации кадров, а также развитие корпоративной культуры. Самая последняя ступень развития СОБ выступает в форме благотворительности. В данном контексте она не всегда выражается в деньгах. Суще-

ствует богатая мировая практика, когда благодетели дарят свой более ценный ресурс, который не подлежит восстановлению, – время.

Резюме: потребительски-коммерческий подход в сфере социальной ответственности неуместен и вреден для устойчивости бизнеса. Дело в том, что и государства, и предприятие изначально преследуют общие цели – благосостояние населения, которое зависит от деятельности двух выше указанных игроков. Обязательным залогом успешного внедрения СОБ является налаживание партнерских отношений между правительственным аппаратом и представителями предпринимательского класса. Важно иметь в виду следующее: бизнес и экономика не создают ни философских, ни религиозных, ни нравственных, ни эстетических или политических идей. Идеи, нормы поведения, как и сами рыночные отношения, создают люди. Часто сиюминутная выгода, мысль, устремление, способны повлиять кардинальным образом на их устремления, привести к достижению как положительных, так и отрицательных – разрушительных результатов. Политика маркетинга, согласованная с КСЭП, фиксирует правила деятельности компаний, бизнесменов, менеджмен-

та, в соответствии с существующими общественными, прежде всего экономическими условиями, условиями и общественными, в том числе, и рыночными законами. С одной стороны политика маркетинга определяет рыночную деятельность, с другой – маркетинговая политика, являясь надстройкой, – вторична, то есть, зависима от базиса – стратегии бизнеса, стратегии маркетинга – от рыночных и социальных целей, которые ставит перед собой компания и от тех средств, которые она применяет для достижения целей. Политика маркетинга может как соответствовать базису – экономической стратегии, так и опережать ее или отставать от нее, таким образом, стимулируя или тормозя целостное развитие. Исходя из этого: необходим принцип соответствия маркетинга корпоративной экономической политике. В этой связи актуален маркетинг отношений, территорий, событийный, социально-этичный [8, 9].

Далее отметим, что КСЭП по своей структуре подразделяется на внешнюю и внутреннюю.

Внешняя политика охватывает те объекты влияния, которые постоянно находятся в зоне действия корпорации: клиенты, контактные аудитории, посредники, поставщики, властные структуры.

Внутренняя политика направлена на коллектив: инструментом ее управления являются внутрикорпоративные коммуникации, функционирование ее направлено на повышение эффективности деятельности организации за счет включения коллективного сознания, добросовестного отношения к труду, ресурсам, коллегам и клиентам. Она предусматривает следующие направления:

- мотивация персонала на основе индивидуальных целей для достижения общей цели предприятия;
- создание идеологии, формирование и укрепление имиджа фирмы, в поддержании которого участвует персонал всего предприятия;
- установление взаимопонимания между руководством и персоналом;
- создание единой системы объективных оценок на основе вклада каждого в успех фирмы;
- поддержание высокого уровня профессионализма, инициативного поведения и творческого мышления;
- контроль мотивационной сферы личности сотрудников, поддержание благоприятного психологического и морального климата.



Рис. 2. Структура корпоративной социально-экономической политики

Достаточно показательным примером КСЭП является политика ОАО ЖБК-1 (г.Белгород), которое не менее 5 % бюджета расходует на цели благотворительности, образует не менее 3 % новых рабочих мест (от числа существующих) ежегодно, оздоравливает их в

соответствии с нормами безопасности, благоустраивает территорию, проводит мониторинг социальной удовлетворенности работников, принимает самое участие в акциях города и области, посвященных значимым датам, незащищенным слоям населения, участвует в нацио-

нальных экспериментах социальной направленности. Отмечается положительная связь между активностью в области прироста гуманитарной политики предприятия и ее экономическими результатами: установлено, что прирост финансирования в социальные мероприятия вызывает в среднем 1,2 % роста доходности предприятия.

Экономическая стратегия корпорации, её бизнес-модель с учетом социальной ответственности приобретает такие черты и особенности, как: гибкость цен и широкий ценовой диапазон, дотационные группы товаров с учетом сегментов с низкими доходами, программы лояльности для широких масс; многовариантный сервис с разветвленными системами доставки; многопрофильность и разнообразные инновационные формы партнерства с учетом потребностей малоимущего населения; обучающие программы и превращение предприятия в открытые центры культуры и развития, создание базовых кафедр и библиотек, досуговых структур. Необходимо широкое использование института ГЧП (государственно-частного партнерства) «как перспективной формы сотрудничества для реализации масштабных общественно-значимых национальных и международных проектов» [11].

Выводы. Связь между отдельными направлениями корпоративной деятельности весьма значима, и ее нельзя отрицать или не учитывать при формировании КСЭП. Коммерческие цели не всегда достижимы только за счет прямого увеличения или снижения цен, роста объемов продаж или экономии ресурсов. Зачастую суммарный корпоративный доход зависит от алогичных и иррациональных, на первый взгляд, даже бесприбыльных вложений данной организации. Например, он может увеличиться за счет снижения ставок кредита со стороны тех организаций (фондов, банков, кредитных сообществ), кто осведомлен о высокой социальной ответственности заемщика, его благотворительной деятельности, его надежной репутации. Другое дело, что КСЭП не всегда известна прочим участникам рынка. Это уже вопрос эффективности и адресности коммуникаций фирмы, ее стратегии и решений в этой сфере – информации, продвижения, RP, интернет-коммуникаций.

Итак, экономическая и маркетинговая политика фирмы в настоящее время должна строго уравниваться столь же обоснованными решениями в области формирования благоприятной социально-культурной среды бизнеса, определяемой комплексом адекватных действий со стороны компании. Рекомендуются правило «золотого сечения»: 2/3 инвестиций следует направлять на технологическое развитие компании, а 1/3 – на проведение социальной полити-

ки, благотворительность, улучшение психологического климата, обучение кадров, эффективные деловые коммуникации и прогрессивную пропаганду духовных ценностей. Интегральная эффективность управления [12] может быть обеспечена даже при высоких социальных расходах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пескова О.С. Сегментирование социально-значимых рынков. Волгоград. 2013. 215с.
2. Klein Y.A The ory of Strategic Culture // Comparative Strategy. 1991. №10, С.12.
3. Bowen, Howard R. Social Responsibilities of the Businessman. New York: Harper & Row. 1953. P.212.
4. Андронов Л.М. О концепции и стратегиях ответственности корпоративного бизнеса // Российский экономический журнал. 2014. № 11-12. 119 с.
5. Walton, Clarence C. Corporate Social Responsibilities Belmont, Calif., Wadsworth Pub.Co. 1967. 144с.
6. Friedman, M. Capitalism and Freedom. Chicago: University of Chicago Press, 1962. 346с.
7. Щетинина Е.Д., Старикова М.С., Пономарева Т.Н. Формирование и оценка конкурентных позиций предприятий промышленности. Монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 2016. 238с.
8. Маргулян Я.А. Социальная политика. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета управления и экономики, 2011. 236 с.
9. Никитина Л.М., Борзаков Д.В. Корпоративная социальная ответственность. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015.445 с.
10. Berle A.A., Means G.C. The Modern Corporation and Private Property. New York: Macmillan. 1932. 186с.
11. Селиверстов Ю.И. Государственно-частное партнерство как необходимый элемент формирования инновационной экономики // Белгородский экономический вестник. 2016. №3. С.13-16.
12. Чижова Е.Н. Шевченко М.В. Интегральная эффективность системы управления промышленным предприятием // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С.95–99.
13. Fukuyama F. Trust. The Social Virtues and The Creation of Procrperity. New York, The Free Press. 1995.457p.
14. Portes A. Social Capital Its Origins and Application in Modern Sociology // Annual Review of Sociology. 1998. Vol. 24. P.1–24
15. Penrose E.T. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford. 1959.

Shchetinina E.D., Shchetinina E.A.**METHODOLOGICAL ISSUES OF CORPORATE POLICY SHAPING UNDER NEW SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS**

New conditions under which corporate socio-economic policy and the system of business and public relationships are being planned and implemented nowadays requiring the development and correction of principles and rules of its shaping are considered in the article. Particularly, the boundaries of virtual economy and neuroeconomics are widened, the corporate social responsibility compliance and ecological narratives are strengthened. That changes the format and quality of companies challenges as well as the principles of corporate policy shaping. Its composition and content with regard to new conditions and challenges have been analyzed and its differences from corporate strategy and market policy have been revealed in the article.

Key words: *corporate policy, socio-economic policy, corporate social responsibility, social responsibility of business, knowledge economy, market power, socially significant markets.*

Щетинина Екатерина Даниловна, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой маркетинга.

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

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

E-mail: schetinina@inbox.ru

Щетинина Елена Александровна, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга

Санкт-Петербургский государственный технологический институт, кафедра менеджмента и маркетинга

Адрес: 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 26

DOI: 10.12737/24887

*Герасименко О.А., канд. экон. наук, доц.**Белгородский государственный национальный исследовательский университет**Авилова Ж.Н., канд. соц. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

КОНЦЕССИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РЕГИОНЕ

gerasimenko@bsu.edu.ru

Статья посвящена актуальной статистике заключения концессионных соглашений в региональном разрезе, описаны отличительные особенности различных правовых моделей применения концессионных механизмов, в том числе и в строительной отрасли, приводится детальный обзор изменений в концессионное законодательство. Результатом исследования также стал анализ основных тенденций и трендов развития концессионного механизма в России, а также формирование рекомендаций и предложений для государственных и муниципальных органов власти, направленных на повышение эффективности применения концессионных соглашений для социально-экономического развития территорий.

Ключевые слова: *государственно-частное партнерство, регион, институт, концессия, механизм.*

Введение. 21 июля 1993 года Верховный Совет Российской Федерации принял Закон «О концессионных и иных договорах, заключаемых с иностранными инвесторами». Однако 18 августа 1993 г. президент наложил на этот закон вето и дал поручение кардинально переработать принятый Закон. Правительство Российской Федерации поручило Минэкономике России и другим ведомствам доработать Закон «О концессионных договорах, соглашениях о предоставлении услуг и соглашениях о разделе продукции, заключаемых с иностранными инвесторами». В ноябре 1994 года Минэкономике России разослало в ведомства на согласование свою версию проекта закона, озаглавленного «О концессионных и иных договорах, заключаемых российским государством с российскими и иностранными инвесторами». Данный закон был одобрен в первом чтении Государственной Думой уже второго созыва только в апреле 1996 года, после чего данный законопроект по субъективным и объективным причинам пролежал невостребованным до 2000 года, затем был вновь рассмотрен Государственной Думой и повторно отправлен на доработку [1]. Напряженная работа над законопроектом продолжалась вплоть до 2004 года. В течение 2004 года и в первом полугодии 2005 года закон, получивший название «О концессионных соглашениях», был кардинально переработан и принят Государственной Думой во втором и третьем чтениях, одобрен Советом Федерации и после подписания Президентом Российской Федерации вступил в законную силу. После вступления в силу Закона о концессионных соглашениях, он претерпел ряд существенных изменений, которые, в первую очередь, характеризуются усилением

отраслевой направленности. Первые поправки были внесены в 2007 году, а наибольшее количество изменений было внесено в 2010 и 2013 годах.

Методология. Основанием для исследования проблемы развития государственно-частного партнерства послужили фундаментальные труды классиков научной мысли по широкому спектру проблем, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития сотрудничества бизнеса и государства.

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. Государственно-частное партнерство (ГЧП) – это долгосрочное взаимовыгодное сотрудничество публичного и частного партнеров, направленное на реализацию проектов ГЧП в целях достижения задач публично-правовых образований, повышения уровня доступности и качества публичных услуг, достигаемое посредством привлечения частных ресурсов и разделения рисков между партнерами. В настоящее время, в условиях отсутствия единого законодательства о ГЧП, наиболее распространенной формой взаимодействия государства и бизнеса, основанной на принципах взаимного распределения рисков, софинансировании капитальных и операционных затрат со стороны инвестора, а также повышения качества оказываемых

мых услуг за счет привлечения рыночных компетенций является концессионное соглашение.

По концессионному соглашению одна сторона (концессионер) обязуется за свой счет создать и (или) реконструировать определенное этим соглашением имущество (недвижимое имущество или недвижимое имущество и движимое имущество, технологически связанные между собой и предназначенные для осуществления деятельности, предусмотренной концессионным соглашением) (далее – объект концессионного соглашения), право собственности, на которое принадлежит или будет принадлежать другой стороне (концеденту), осуществлять деятельность с использованием (эксплуатацией) объекта концессионного соглашения, а концедент обязуется предоставить концессионеру на срок, установленный этим соглашением, права владения и пользования объектом концессионного соглашения для осуществления указанной деятельности [2]. Специфика данной формы государственно-частного партнерства заключается в сохранении титула собственности на объект соглашения за публичной стороной. Отличительные признаки концессии, как инструмента привлечения инвестиций в инфраструктуру: договорная основа партнерства при долгосрочном характере взаимодействия, регулируемая федеральным законодательством; объекты концессии – федеральная, региональная или муниципальная собственность; возможность платежей концессионера государству за владение и пользование объектом (т. н. концессионная плата) или структурирование концессионных сделок с платой концедента; финансовое участие частного инвестора в капитальных затратах, то есть в создании реконструкции объекта концессии.

Отличительные признаки концессии, как инструмента привлечения инвестиций в инфраструктуру:

- договорная основа партнерства при долгосрочном характере взаимодействия, регулируемая федеральным законодательством; объекты концессии – федеральная, региональная или муниципальная собственность;
- возможность платежей концессионера государству за владение и пользование объектом (т. н. концессионная плата) или структурирование концессионных сделок с платой концедента;
- финансовое участие частного инвестора в капитальных затратах, то есть в создании реконструкции объекта концессии;
- передача частному партнеру только прав владения и пользования, с сохранением права собственности за публичным партнером;

- гарантии прав концессионера, обеспечиваемые со стороны государства.

Исходя из вышесказанного, можно выделить ключевые институциональные преимущества концессии:

- ясность правового режима ввиду наличия Федерального закона «О концессионных соглашениях», регулирующего порядок подготовки, заключения и исполнения концессионных соглашений; наличие сложившейся практики реализации концессионных проектов как на федеральном, так на региональном и муниципальном уровнях;
- формирование устойчивой судебной практики в части применения положений Федерального закона «О концессионных соглашениях» (например, в отношении вопросов досудебного порядка рассмотрения споров, правовой природы концессионного соглашения и др.);
- целевая определенность концессионного соглашения. Предмет концессии – строительство и (или) реконструкция недвижимого или движимого имущества, технологически связанного между собой, и предназначенного для осуществления деятельности, предусмотренной концессионным соглашением (эксплуатации);
- возможность применения отдельных инструментов привлечения финансовых средств, таких как выпуск облигаций концессионера.

Участниками концессионных проектов ГЧП выступают: «Концедент – Российская Федерация, от имени которой выступает Правительство РФ или уполномоченный им федеральный орган исполнительной власти, либо субъект РФ, от имени которого выступает орган государственной власти субъекта РФ, либо муниципальное образование, от имени которого выступает орган местного самоуправления. Отдельные права и обязанности концедента могут осуществляться уполномоченными концедентом в соответствии с федеральными законами, иными нормативными правовыми актами, законодательством субъектов РФ, нормативными правовыми актами органов местного самоуправления органами и юридическими лицами, и концедент должен известить концессионера о таких органах, лицах и об осуществляемых ими правах и обязанностях. Полномочия концедента также вправе осуществлять государственная компания «Автомотор», созданная РФ в соответствии с Федеральным законом «О Государственной компании «Российские автомобильные дороги» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

«Концессионер – это индивидуальный предприниматель, российское или иностранное юридическое лицо, либо действующие без обра-

зования юридического лица по договору простого товарищества (договору о совместной деятельности) два и более указанных юридических лица» [2].

В целях наиболее объективной оценки опыта заключения концессионных соглашений на территории Российской Федерации, в исследовании, проведенном НП «Центр развития ГЧП» в 2013 году, было отдельно выделено такое понятие как – «концессионный проект».

Концессионный проект – создание и (или) реконструкция и последующее использование (эксплуатация) одного или более объектов государственной или муниципальной собственности на основе заключенных концессионных соглашений. Понятие «концессионный проект» введено в связи с тем, что изначально в Федеральном законе от 21 июля 2005 года «О концессионных соглашениях» под «объектом концессионного соглашения» понимался исключительно объект недвижимого имущества, причем если множественность таких объектов в одном соглашении не подразумевалась (пункт 1 статья 3),

то в рамках одного имущественного комплекса, передаваемого в концессию, могло заключаться до нескольких сотен концессионных соглашений [3,4].

При подсчете общего числа заключаемых концессионных соглашений в 2013-2014 году не учитывались данные по большинству муниципальных концессий, которые были заключены на протяжении года. В 2014-2015 годах рост общего числа концессии более чем в 5 раз (рис. 1) обусловлен более достоверным предоставлением информации со стороны субъектов Российской Федерации, а также тем, что необходимо в обязательном порядке публиковать сведения о заключаемых концессионных соглашениях на портале torgi.gov.ru. Тем не менее, в 2014 году можно говорить о 170 новых заключенных концессионных соглашениях, большинство из которых – объекты сферы коммунальной (системы водоснабжения, теплоснабжения и водоотведения), из которых более 80% заключается в малонаселенных пунктах (до 10 тысяч человек) [5–7].

Лидерами по числу заключаемых концессионных соглашений на муниципальном уровне являются Республика Татарстан (45 соглашений), Амурская область (38), Республика Бурятия и Ивановская области (по 19). В отношении объектов, находящихся в собственности субъекта, лидерами продолжают оставаться Нижегородская область (8 соглашений), Республика Башкортостан, Ленинградская область (по 7), Новосибирская область (5). Среди Федеральных округов лидером остается Приволжский Федеральный округ, а аутсайдером – СКФО. Важно отметить также преимущество Дальневосточного федерального округа над традиционно привлекательным для инвестиций Северо-западным, которое в первую очередь достигается за счет большого числа некапиталоемких проектов на муниципальном уровне (рис.2,3) [8, 9].

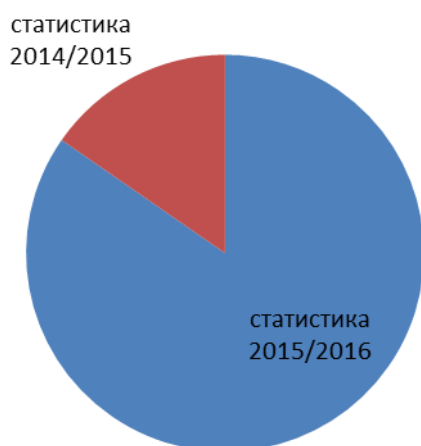


Рис. 1. Статистика заключения концессионных соглашений

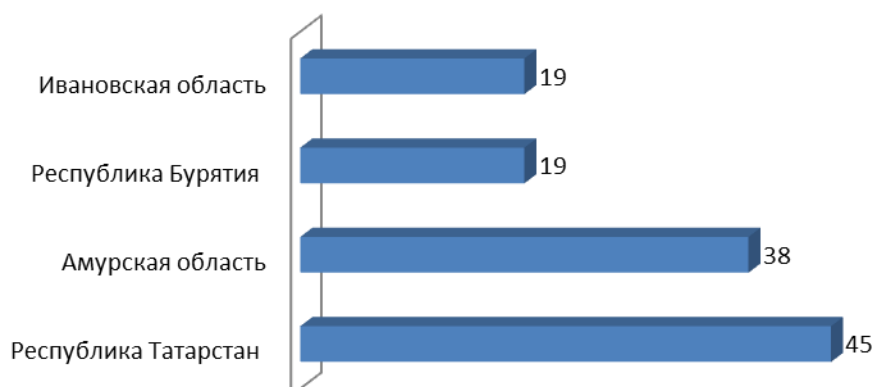


Рис. 2. Регионы лидеры по числу муниципальных концессий

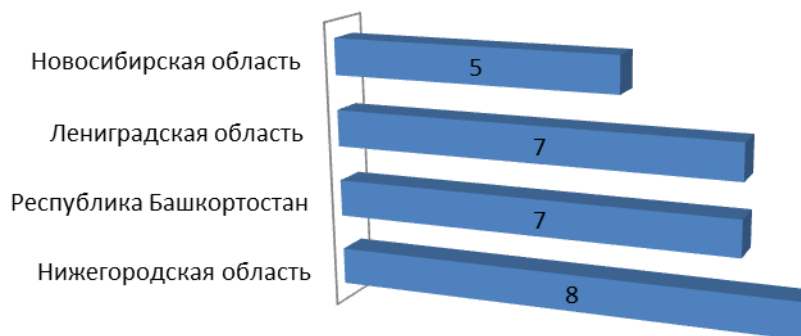


Рис. 3. Регионы лидеры по числу региональных концессий

В социальной сфере наибольшее количество концессий реализуется в отрасли здравоохранения. В настоящий момент это одна из наиболее перспективных сфер для заключения концессионных соглашений с накопленным опытом правоприменительной практики. Исходя из полученных данных, можно говорить о большой заинтересованности частных инвесторов участвовать в создании и дальнейшем сопровождении объектов социальной инфраструктуры. Данная отрасль также характеризуется большим износом основных фондов и ощутимыми инфраструктурными разрывами в отдельных регионах. Всего на текущий день в различных стадиях реализации находятся 23 концессионных проекта в сфере здравоохранения. Одним из примеров использования механизма использования концессионной модели в здравоохранении является строительство и эксплуатация отдельного корпуса Центра экстракорпоральной гемокоррекции и клинической трансфузиологии в Самарской области по соглашению, заключенному 5 июня 2014 года на срок 15 лет [10,11].

Одним из успешных примеров реализации концессии в социальной сфере является строительство Центра экстракорпоральной гемокоррекции и клинической трансфузиологии. Данное концессионное соглашение предполагает строительство отдельного корпуса Центра на территории государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Самарская областная клиническая больница им. М. И. Калинина» и оснащение его оборудованием с целью повышения доступности процедур гемодиализа в рамках в рамках Федерального закона от 21.07.2005 № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях» с использованием модели BOT (Build-Operate-Transfer) – строительство – эксплуатация – передача. Инициатором проекта выступило Министерство здравоохранения Самарской области. Публичный партнер в лице Правительства Самарской области предоставляет частному партнеру земельные участки в аренду под строитель-

ства объекта. Частный партнер в лице ООО «ФАРМ СКД» строит за свой счет, с привлечением заемных средств на предоставленных в аренду земельных участках объекты соглашения в течение 2 лет (2014-2016 годы). Объект становится собственностью публичного партнера и передается на праве владения и пользования инвестору на срок действия концессионного соглашения.

Частный партнер обеспечивает на территории созданного объекта соглашения возможность оказания медицинских услуг по проведению процедуры диализа пациентам с острой и хронической почечной недостаточностью в объемах и по тарифам, установленных программой государственных гарантий оказания гражданам Российской Федерации бесплатной медицинской помощи, территориальной программой государственных гарантий бесплатного оказания населению Самарской области медицинской помощи, тарифным соглашением в системе обязательного медицинского страхования населения Самарской области. Возмещение расходов инвестору осуществляется путем перечисления инвестору 70% от общей стоимости тарифов, действующих в системе обязательного медицинского страхования, за каждую оказанную услугу на территории объекта концессионного соглашения. После прекращения действия соглашения Инвестор передает объект Правительству Самарской области [12].

Процесс реализации проекта проиллюстрирован на схеме (рис. 4). Создание и оснащение объекта осуществляется за счет средств частного партнера. Стоимость проекта составляет 350 млн. рублей. Также одной из наиболее популярных отраслей является развитие инфраструктуры физической культуры и спорта, в которой активно протекает процесс привлечения частных инвестиций. На текущий день в различных стадиях реализации находятся 9 концессионных проектов в сфере физической культуры и спорта.

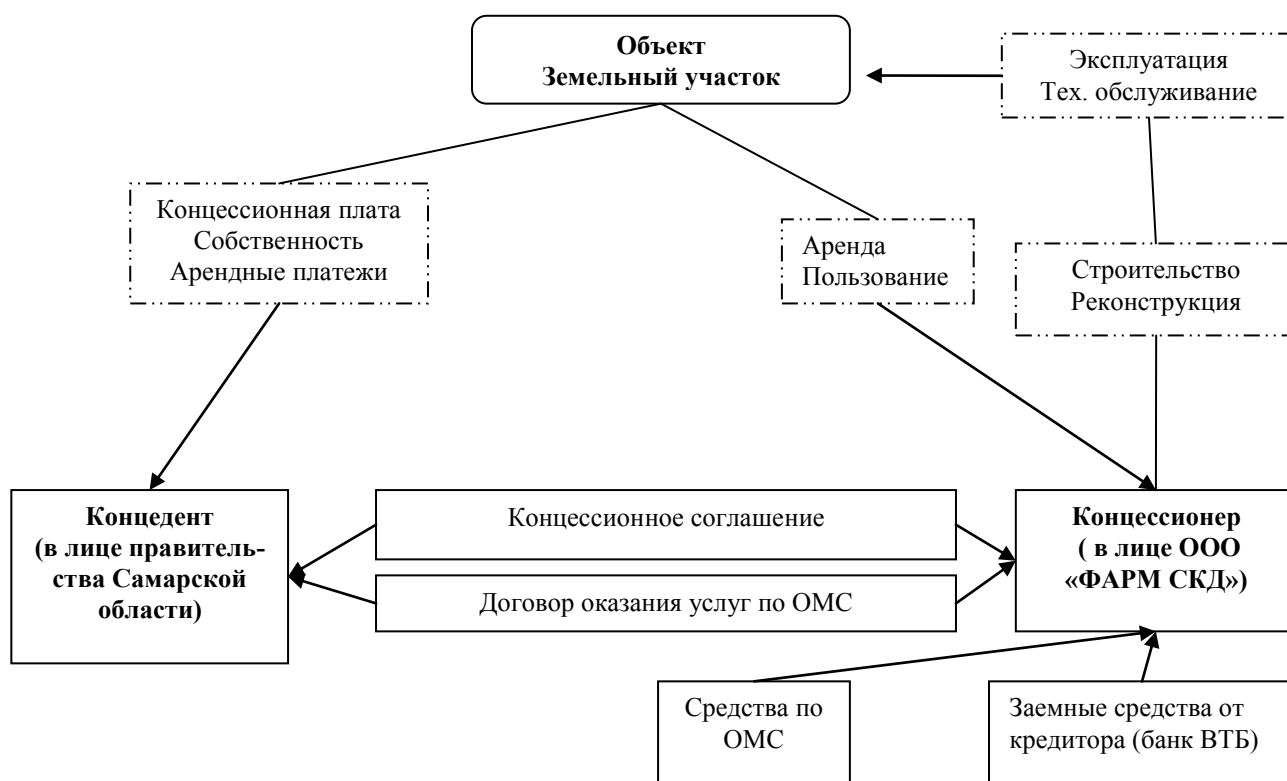


Рис. 4. Процесс реализации проектах строительства Центра экстракорпоральной гемокоррекции и клинической трансфузиологии

На примере данного инфраструктурного объекта следует, что концессии – это механизм привлечения частных инвестиций в создание объектов общественной инфраструктуры, обеспечения эффективного управления имуществом, находящимся в государственной и муниципальной собственности, а также повышения качества социально-значимых услуг, которые предоставляются населению.

Выводы. Обозначим ключевые тренды заключения концессионных соглашений в Российской Федерации, которые позволят выстроить региональную политику в данной сфере:

1. Появление новых групп объектов, в отношении которых будут заключаться концессионные соглашения (банно-прачечные комплексы, системы наружного освещения, системы фото-видео фиксации) связано в первую очередь с нехваткой бюджетных средств для планомерного развития инфраструктуры и в перспективе может стать примером для тиражирования в другие субъекты для решения задачи привлечения дополнительных инвестиций в экономику.

2. Расширение случаев применения контрактов жизненного цикла в рамках Федерального закона «О контрактной системе» в отношении социальных объектов может замедлить развитие концессионного механизма в данной сфере, так как создает риски конкуренции форм реализации проектов.

3. В соответствии с законодательными изменениями наиболее популярными видами объектов для заключения концессионных соглашений будут системы коммунальной инфраструктуры. В связи с этим необходимы детальные рекомендации (руководства) по структурированию не капиталоемких проектов в сфере коммунальной инфраструктуры.

4. В случае принятия Федерального закона «Об основах государственно-частного партнерства, муниципально-частного партнерства в Российской Федерации» в текущей редакции, наиболее распространённым предметом для заключения концессионных соглашений будет реконструкция.

5. Применение механизма заключения концессионных соглашений по инициативе частных лиц будет стимулировать внедрение единой методики оценки концессионных проектов.

6. Последние законодательные изменения в Федеральный закон «О концессионных соглашениях» будут способствовать развитию нормативно-правой базы для подготовки, заключения, исполнения концессионных соглашений на региональном уровне.

7. Прогнозируется значительное увеличение интереса со стороны федеральных органов исполнительной власти и институтов развития (выпуск отдельных методических рекомендаций по подготовке концессионных соглашений в отраслях инфраструктуры)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ярмальчук М. В., Ткаченко М. В., Долгов А. А., Солнцев К. Д., Силаев Н. Л., Халимовский Ю.А., Чижов А.О. Практика применения концессионных соглашений для развития региональной инфраструктуры в Российской Федерации. М.: Центр развития государственно-частного партнерства, 2015. 68 с.
2. Федеральный закон от 21.07.2005 N 115-ФЗ (ред. от 28.06.2014) «О концессионных соглашениях».
3. Тхориков Б.А. Методология индикативного управления //Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 154–157.
4. Семибратский М.В. Бюджетная стратегия региона в новых экономических условиях России//Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2014. Т. 29. № 1-1 (172). С. 41–45.
5. 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.
6. 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.
7. Дорошенко Ю.А., Никулина Т.Ю. Особенности создания регионального венчурного фонда посевных инвестиций на условиях государственно-частного партнерства // Белгородский экономический вестник. 2012. № 3 (67). С. 3–7.
8. Варнавский В.Г. Управление государственно-частными партнерствами за рубежом // Вопросы государственного и муниципального управления, 2012. № 2. С. 134–147.
9. Лихачев В. Практический анализ современных механизмов ГЧП в зарубежных странах, или как реализовать ГЧП в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <http://www.aep.ru/ru/uploadfiles/PPP.pdf>.
10. Парфенова Е.Н. Проблемы методики оценки региональных инвестиционных проектов// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2009. Т. 12. № 15-1. С. 22–27.
11. Развитие государственно-частного партнерства в странах ЕС и России // Инициативы XXI века. [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <http://www.ini21.ru/?id=1231>.
12. Колосов А.С., Рисин И.Е., Сысоева Е.Ф. Компаративный анализ зарубежной практики организации государственно-частного партнерства // Известия Юго-Западного государственного университета, 2012. № 1 (40). Ч. 2. С. 117–124.

Gerasimenko O.A., Avilova Z.N.**CONCESSION AS PROMISING PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS IN REGION**

The article is devoted to statistics concession agreements at the regional level, describes the distinctive features of the different legal models applying concession mechanisms, provides a detailed overview of the changes in concession legislation. The result of the study was also the analysis of the main trends and trends in the development of the concession mechanism in Russia, as well as the formation of recommendations and proposals for state and municipal governments aimed at improving the efficiency of concession agreements for socio-economic development of territories.

Key words: public-private partnership, region, institution development, concession, mechanism.

Герасименко Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

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

E-mail: gerasimenko@bsu.edu.ru

Авилова Жанна Николаевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308000, Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: janna-avilova@mail.ru

Брянцева Т.А., канд. экон. наук, ст. преп.,
Шевченко М.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОНЛАЙН-КАСС

tatyana.shapoval@mail.ru

В статье рассматриваются особенности организации системы расчетов с применением онлайн-касс, устанавливаемые в связи с изменением федерального законодательства в 2017 году и призванные упростить осуществление налогового контроля за применением контрольно-кассовой техники организациями торговли, в том числе в сфере строительства.

Ключевые слова: кассовые операции, контрольно-кассовая техника, онлайн-касса, оператор фискальных данных, фискальный накопитель

В связи с принятием Федерального закона от 03 июля 2016 № 290-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О применении контрольно-кассовой техники при осуществлении наличных денежных расчетов и (или) расчетов с использованием платежных карт» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» значительно изменяется порядок осуществления торговых операций с применением контрольно-кассовой техники. Указанный документ предусматривает постепенный переход на онлайн-кассы, что позволит в оперативном режиме осуществлять передачу информации о наличных расчетах продавца в налоговую службу.

Принцип работы онлайн-касс заключается в том, что данные по пробитым чекам через операторов фискальных данных, с которыми у продавца заключен договор на обслуживание, будут передаваться на сервер налоговой

службы, зарегистрировавшей кассовый аппарат. С технической точки зрения это будет выглядеть следующим образом: в начале рабочего дня кассир составляет отчет о начале смены, в конце рабочего дня – отчет о закрытии. Через 24 часа после начала смены возможность сформировать чек заканчивается. В момент осуществления кассовой операции, когда продавец пробивает чек, онлайн-касса формирует фискальный признак и отправляет его на проверку оператору. Оператор проверяет данную информацию и в случае ее достоверности в течение примерно 1,5 секунд высылает компании уникальный код – подтверждение. Касса сохранит чек с этим кодом и фискальным признаком. Оформить продажу без уникального номера невозможно. Оператор фискальных данных передает информацию о пробитых чеках в налоговую службу в режиме онлайн. Принцип работы онлайн-касс представлен на рис. 1.

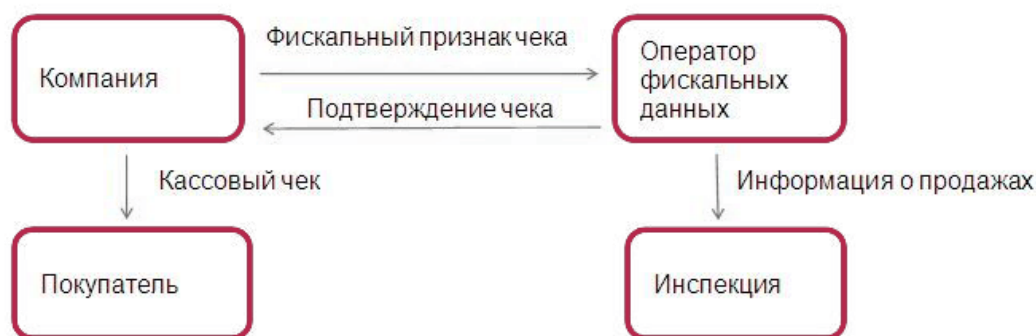


Рис. 1. Принцип работы онлайн-касс [11]

Кроме того, согласно новому порядку, продавец обязан будет переслать электронный чек покупателю на электронную почту, если покупатель предоставит такие данные. Также, сохраняется действие и бумажных чеков, которые дополняют QR кодом для проверки покупателем факта передачи сведений о совершенной покупке в налоговую службу.

В связи с этим, кассовый чек будет

дополнен новыми реквизитами, к которым, в частности, относятся:

- информация о системе налогообложения;
- данные о месте, в котором совершена операция (адрес офлайн магазина или адрес сайта, если это интернет-магазин);
- разновидность расчета (приход или расход);
- форма расчета (наличными или

электронными средствами);

- номер, присвоенный оператором фискальных данных;
- номер регистрации, присвоенный в ККТ;
- номер кассового накопителя, присвоенный на заводе;
- наименование оператора фискальных данных;
- адрес оператора фискальных данных в сети интернет;
- адрес электронной почты или номер телефона покупателя.

Переход на онлайн-кассы планируется осуществлять в пять этапов:

1 этап: с 15 июля 2016 года по 30 июня 2017 года. В этот период использование онлайн-касс носит добровольный характер. Также на данном этапе возможна модернизация имеющейся кассы и ее перерегистрация в налоговой инспекции;

2 этап: с 1 февраля 2017 года по 1 июля 2017 года. На данном этапе предполагается переход на обязательное использование онлайн-касс. Налоговые инспекции перестанут регистрировать кассы, не отвечающие новым требованиям. Однако в этот период разрешено еще использование ККТ, зарегистрированных до 1 февраля 2017 года;

3 этап: с 1 июля 2017 года. Данный этап характеризуется обязательным применением онлайн-касс всеми организациями и индивидуальными предпринимателями. Исключение составят организации и предприниматели на ЕНВД; индивидуальные предприниматели на патентной системе налогообложения; организации и индивидуальные предприниматели, оказывающие услуги населению;

4 этап: с 1 января 2018 года. Формирование и выдача кассовых чеков будет осуществляться только в электронном виде. Бумажные чеки будут выдаваться покупателям только по их просьбе;

5 этап: с 1 июля 2018 года. Установление обязанности применения онлайн-касс организациями и индивидуальными предпринимателями, находящимися на ЕНВД; индивидуальными предпринимателями на патентной системе налогообложения; организациями и индивидуальными предпринимателями, оказывающими услуги населению; организациями и индивидуальными предпринимателями, использующими торговые автоматы.

Кроме того, необходимо отметить, что в соответствии с законодательством РФ от применения онлайн-ККТ освобождены

следующие хозяйствующие субъекты: организации, занимающиеся мелкими бытовыми услугами (ремонт обуви, уходом за детьми и т.д.), продажей некоторых видов товаров (обуви и одежды из кожи, компьютерной техники, музыкальных инструментов, велосипедов, газет, мороженого, талонов и билетов), а также компании, находящиеся в труднодоступных местностях, где нет Интернета.

В табл.1 представлены особенности применения онлайн-ККТ в зависимости от вида осуществляемой деятельности.

Каждый хозяйствующий субъект, попадающий под действие ФЗ № 290-ФЗ от 03.07.2016 года, вправе выбрать для себя наиболее удобный способ перехода на онлайн-ККТ. Первый способ предусматривает модернизацию уже имеющегося кассового аппарата: установку фискального накопителя и специального программного обеспечения. Однако необходимо отметить, что доработке подлежат только некоторые модели.

При невозможности реализации первого варианта, организация вынуждена будет приобрести новый кассовый аппарат, технические возможности которого отвечают требованиям законодательства. В соответствии с ФЗ 54-ФЗ от 22.05.2003 года (ред. от 03.07.2016) контрольно-кассовая техника должна отвечать следующим требованиям [4]:

- иметь корпус;
- иметь заводской номер, нанесенный на корпус;
- иметь внутри корпуса часы реального времени, а также устройство для печати фискальных документов;
- осуществлять проверку контрольного числа регистрационного номера контрольно-кассовой техники, обеспечивающего проверку корректности ввода пользователем регистрационного номера в контрольно-кассовую технику;
- обеспечивать в момент расчета прием информации о сумме расчета от устройства;
- обеспечивать возможность установки фискального накопителя внутри корпуса и при применении контрольно-кассовой техники содержать фискальный накопитель внутри корпуса;
- передавать фискальные данные в фискальный накопитель, установленный внутри корпуса;
- обеспечивать формирование фискальных документов в электронной форме;
- исключать возможность формирования (печати) кассового чека (бланка строгой отчетности), кассового чека коррекции (бланка

строгой отчетности коррекции), содержащих сведения более чем об одном признаке расчета;

- обеспечивать возможность передачи фискальных документов, сформированных с использованием любого фискального накопителя, включенного в реестр фискальных накопителей, любому оператору фискальных данных сразу после записи фискальных данных в фискальный накопитель;

- обеспечивать печать фискальных документов, за исключением случая осуществления расчетов с использованием электронных средств платежа в сети «Интернет»;

- обеспечивать возможность печати на кассовом чеке (бланке строгой отчетности) двухмерного штрихового кода (QR-код размером не менее 20×20 мм);

- принимать от технических средств оператора фискальных данных подтверждение

оператора, в том числе в зашифрованном виде;

- информировать пользователя об отсутствии подтверждения оператора переданного фискального документа в налоговые органы в электронной форме через оператора фискальных данных, а также о неисправностях в работе контрольно-кассовой техники;

- обеспечивать для проверяющего лица налогового органа возможность печати фискального документа «отчет о текущем состоянии расчетов» в любое время;

- обеспечивать возможность поиска по номеру любого фискального документа, записанного в фискальный накопитель, установленный внутри корпуса контрольно-кассовой техники, а также его печать на бумажном носителе;

- исполнять протоколы информационного обмена и др.

Таблица 1

Особенности применения онлайн-ККТ в зависимости от вида осуществляемой деятельности

Бланки строгой отчетности	С 1 июля 2018 года продавцы бланков строгой отчетности должны будут отправлять сведения о выданных БСО в электронном виде в налоговую инспекцию
Продажи по банковским картам	Принимая оплату банковской картой, продавец обязан сформировать кассовый чек
Интернет-торговля	Кассовый аппарат должен применяться независимо от формы расчетов При доставке товара на дом, курьер должен иметь при себе кассовый аппарат и выбивать чек в момент продажи товара
Оказание услуг населению	Применение онлайн-касс обязательно с 1 июля 2018 года
Комиссионная торговля	Применение онлайн-ККТ обязательно за исключением случаев, когда в соответствии с законодательством ККТ можно не применять
Продавцы на ЕНВД	С 1 июля 2018 года обязанность применения онлайн-касс распространяется и на экономических субъектов, применяющих ЕНВД. Исключение составляют организации на ЕНВД, торгующие газетами и журналами в розницу, при условии, что доля газет и журналов в продажах составляет больше 50 процентов товарооборота и ассортимент сопутствующих товаров утвержден органом исполнительной власти субъекта РФ;
Организации на ЕСХН	Обязанность применения онлайн-ККТ возникает с 1 февраля 2017 года при приеме платежей за продукцию и услуги в наличной форме, за исключением продажи сельхозпродукции населению на розничных рынках, ярмарках и выставках
Совмещение режимов	При совмещении режимов применение онлайн-ККТ обязательно с 1 февраля 2017 года

Перечень контрольно-кассовой техники, отвечающей новым требованиям, включен в реестр ККТ, который ведет налоговая служба. Он представляет собой совокупность сведений о каждом изготовленном экземпляре модели контрольно-кассовой техники и представлен на сайте налоговой инспекции (www.nalog.ru).

С принятием нового закона значительно упрощается порядок регистрации онлайн-ККТ в налоговой инспекции. Для этого теперь

необходимо подать заявление в любую налоговую инспекцию либо в бумажном варианте, либо в электронной форме. В заявлении указывается следующая информация [4]:

- полное наименование организации (ФИО индивидуального предпринимателя);
- ИНН;
- адрес установки и применения ККТ;

- наименование модели онлайн-кассы;
- заводской номер онлайн-ККТ;
- наименование модели фискального накопителя;
- заводской номер экземпляра модели фискального накопителя;
- номер автоматического устройства для расчетов (если ККТ применяется в составе автоматического устройства для расчетов);
- сведения о применении регистрируемой кассы в режиме, когда не требуется обязательная передача фискальных документов в налоговые органы в электронной форме;
- сведения о применении ККТ только при оказании услуг;
- сведения о применении ККТ только при расчетах в сети Интернет (если онлайн-касса используется только для таких расчетов);
- сведения о применении ККТ банковским платежным агентом, субагентом при приеме ставок и выплате выигрыша при организации и проведении азартных игр (в случае когда касса используется только для таких расчетов) и др.

Не позднее следующего рабочего дня налоговая инспекция должна сообщить регистрационный номер ККТ, который сразу заносится в фискальный накопитель. После чего в течение следующего дня необходимо сформировать отчет о регистрации и передать его в налоговую инспекцию в бумажном варианте, через кабинет ККТ либо через оператора фискальных данных. На основании данного отчета налоговая инспекция авторизирует пользователя онлайн-ККТ и используемый фискальный накопитель, проверит достоверность предоставленных данных.

Далее на основании данных из заявления налоговая служба формирует карточку регистрации ККТ и вносит необходимые сведения в журнал учета. Электронный вариант карточки направляется организации, зарегистрировавшей онлайн-кассу. При необходимости организация может получить бумажный вариант карточки регистрации ККТ при обращении в налоговую инспекцию.

Необходимо отметить важную особенность нового порядка регистрации онлайн-кассы: электронный документ должен быть подписан усиленной квалифицированной электронной подписью.

Кроме того, регистрации в налоговых органах подлежат также и фискальные накопители, применяемые для шифрования и хранения передаваемой в ФНС информации. На сегодняшний день в реестр фискальных накопителей включена модель фискального

накопителя «Шифровальное (криптографическое) средство защиты фискальных данных фискальный накопитель «ФН-1», срок использования которого составляет 13 месяцев.

В табл.2 представлена сравнительная характеристика старых моделей ККТ и онлайн-касс.

Также необходимо отметить, что с принятием федерального закона от 03 июля 2016 № 290-ФЗ устанавливается новая система штрафов за несоблюдение вводимых требований (Табл.3), размер которых зависит от суммы оплаты, на которую не оформили чек.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что введение онлайн-касс, прежде всего, направлено на упрощение действующего порядка осуществления налогового контроля за применением контрольно-кассовой техники. Однако, на наш взгляд, данная мера будет иметь как положительные, так и отрицательные последствия. К преимуществам использования онлайн-касс можно отнести:

- ужесточение контроля за торговой деятельностью хозяйствующих субъектов, осуществляемого в режиме реального времени, при одновременном упрощении процесса его реализации и минимизации количества выездных проверок;
- получение дополнительного источника бюджетных доходов;
- повышение уровня защиты покупателей;
- упорядочение и контроль торговой деятельности интернет-магазинов;
- упрощение порядка регистрации и перерегистрации онлайн-ККТ, снятия ее с учета;
- возможность быстрого получения хозяйствующим субъектом подробной информации об основных показателях работы бизнеса;
- организации, использующие онлайн-кассы вправе отказаться от форм первичной учетной документации (КМ-1, КМ-2, КМ-3, КМ-4, КМ-5, КМ-6, КМ-7, КМ-8, КМ-9);
- доступность электронного чека для покупателя в любой момент.

Однако, несмотря на все преимущества, введение онлайн-касс повлечет за собой и определенные неудобства, к числу которых относятся:

- дополнительные расходы на модернизацию и приобретение кассового аппарата, отвечающего новым требованиям;
- дополнительные расходы на услуги интернет-провайдера;
- дополнительные расходы на услуги оператора фискальных данных;
- технические сложности при обеспечении доступа к интернету в отдаленных районах.

Таблица 2

Сравнительная характеристика старых моделей ККТ и онлайн-касс

Признак сравнения	Старая модель	Онлайн-касса
Порядок регистрации кассы	Регистрация осуществляется только при личном присутствии в ФНС	Регистрация осуществляется либо при личном присутствии в ФНС, либо путем подачи заявления в электронном виде через Интернет на сайте ФНС
Необходимость заключения договора с Центром технического обслуживания	Обязательно	Можно не заключать договор
Наличие голограммы	Обязательна. За отсутствие – штраф до 10 000 руб.	Не нужна
Подключение к Интернету	Не нужно	Обязательно. При отсутствии связи, неполадки должны быть устранены в течение 30 календарных дней, иначе касса заблокируется
Расходы на посредника	Отсутствуют	Передача информации о чеках в ФНС осуществляется через оператора фискальных данных, оплата услуг которого вызывает дополнительные расходы у организации
Порядок выдачи кассового чека	Покупателю выдается бумажный чек, содержащий 7 обязательных реквизитов	Покупателю предоставляется чек в электронном виде, который содержит 24 обязательных реквизита. По требованию покупателя может быть выдан бумажный экземпляр
Информация о выручке	Информация записывается на ЭКЛЗ, а она попадает в инспекцию при проверках	Информация из чеков записывается на фискальный накопитель и в режиме онлайн передается в ФНС

Таблица 3

Система штрафов за нарушение порядка применения онлайн-касс

Вид нарушения	Вид наказания	
	для должностных лиц	для организаций и индивидуальных предпринимателей
Компания не применяла кассу	от 25 % до 50 % суммы расчета вне кассы (минимум 10 тыс. руб.)	от 75 % до 100 % суммы расчета вне кассы (минимум 30 тыс. руб.)
Компания не применяла кассу (повторное нарушение), и сумма расчетов превысила 1 млн руб.	дисквалификация на срок до одного года	приостановка деятельности на срок до 90 суток
Применение кассы, не соответствующей требованиям, нарушение правил регистрации ККТ, сроков и условий ее перерегистрации, порядка ее применения	предупреждение или штраф на 1,5–3 тыс. руб.	предупреждение или штраф на 5–10 тыс. руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кодекс РФ об административных правонарушениях // СПС «Консультант Плюс»
2. Налоговый кодекс РФ. Часть вторая // СПС «Консультант Плюс»
3. Федеральный закон от 06.12.2011 г. № 402-ФЗ «О бухгалтерском учете» // СПС «Консультант Плюс»

4. Федеральный закон от 03.07.2016 № 290-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О применении контрольно-кассовой техники при осуществлении наличных денежных расчетов и (или) расчетов с использованием платежных карт» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // СПС «Консультант Плюс»

4. Федеральный закон от 22.05.2003 № 54-ФЗ «О применении контрольно-кассовой техники при осуществлении наличных денежных расчетов и (или) расчетов с использованием электронных средств платежа» // СПС «Консультант Плюс»

5. Петрухина Т. Онлайн-кассы: инструкция по применению // Практическая бухгалтерия. 2016. № 9.

6. Слабинская И.А. К вопросу о сущности информации о движении денежных средств // Вестник Белгородского государственного тех-

нологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 118-122.

7. Слабинская И.А., Слабинский Д.В. Денежные средства, их функции и виды расчетных операций, как объект бухгалтерского учета // Белгородский экономический вестник. 2015. № 2 (78). С. 105–117.

8. <http://www.nalog.ru>

9. <http://www.1gl.ru>

10. <http://www.consultant.ru>

11. <http://www.gazeta-unp.ru/onlayn-kkt>

Bryantseva T.A., Shevchenko M.V.

THE FEATURES OF ONLINE-CASHBOX

The article discusses the features of the organization of the settlement system with the use of on-line cash-boxes, imposed in connection with a change in federal law in 2017 and designed to simplify the implementation of tax control over the use of cash registers trade organizations, including in the construction industry.

Key words: cash transactions, check-out equipment, online ticket office, the operator of fiscal data, the fiscal drive

Брянцева Татьяна Алексеевна, кандидат экономических наук, старший преподаватель.

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

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

E-mail tatyana.shapoval@mail.ru

Шевченко Мария Владимировна, старший преподаватель.

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

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

E-mail shvnmv@mail.ru

¹Хуссейн С., PhD,²Али Ф., PhD,¹Хуссейн З., PhD,³Рехман Н., PhD,⁴Зуев С.В., канд. физ.-мат. наук, доц.,⁴Бендерская О.Б., канд. экон. наук, доц.¹Университет COMSATS, Абботабад, Пакистан²Колледж NAMAL, Мианвали, Пакистан³Открытый Университет Аллама Икбаль, Исламабад, Пакистан⁴Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭВОЛЮЦИЯ ФУНКЦИИ ЦЕНЫ АМЕРИКАНСКОГО ОПЦИОНА НА АКЦИИ С ВЫПЛАТОЙ ДИВИДЕНДОВ В МОДЕЛИ ДИФФУЗИИ СО СКАЧКАМИ*

tausef775650@yahoo.co.in, sergey.zuev@bk.ru

Настоящая работа посвящена анализу и изменениям функции цены (премии) американского опциона на акции с выплатой дивиденда, построенной по модели диффузии со скачками. Получен и исследован эквивалентный вид функции. Кроме того, исследуются вариационные неравенства, удовлетворяющие этой функции. Полученные результаты могут быть использованы для нахождения оптимальной стратегии хеджирования и определения оптимальных границ торговли связанными опционами.

Ключевые слова: американский опцион, модель диффузии со скачками, пуассоновский процесс, локальная непрерывность Липшица, слабые производные.

Введение. Вопросы оценки цены американских опционов и корпоративных обязательств существенно развивались с момента появления классической работы Ф. Блэка и М. Шоулса [1]. Было предложено множество функций для расчета цены европейского опциона (см., например [1], [3], [11], [13] и ссылки в них), тогда как американский опцион в этом смысле до сих пор открыт для исследований, что вызвало большое количество работ как по численным, так и по аналитическим методам.

В статье [9] задача американского опциона решается должным образом, используя системы вариационных неравенств, а также исследуется численными методами на основе методов конечных элементов и разностных производных. В [9] предложено решать задачу цены американского опциона с помощью решения системы вариационных неравенств, эквивалентность которой исходной задаче установлена посредством некоторых необходимых условий. В [9] авторы полагаются на взаимосвязь между вариационным неравенством и оптимумом момента остановки (исполнения опциона) в теории американского опциона.

В работе [14] исследована функция цены американского пут опциона в модели диффузии со скачками. Построена взаимосвязь между задачей оптимального момента остановки и смешанной краевой задачей для параболического интегро-дифференциального уравнения. В нашей статье рассматривается американский опцион в общем виде (как пут, так и колл) и,

кроме того, мы используем чисто вероятностный подход для представления результатов.

В статье [21] решается система вариационных неравенств и исследуется американский пут опцион посредством некоторых взвешенных пространств Соболева. В работе [6] широко используются свойства регулярности американского пут опциона для получения ошибки хеджирования в случае рассмотрения опциона в дискретном времени. Эти результаты развиваются в [7] на случай опционов пут и колл на акции без выплаты дивидендов. Некоторые дополнительные свойства американского опциона можно обнаружить в работе [16], где рассматривалось влияние валютного курса. В [8] опубликованы результаты исследований свойств регулярности функции цены американского пут опциона в модели диффузии со скачками. Для более детального рассмотрения свойств функции цены американского опциона можно адресовать читателя к работам [4], [2], [3], [11], [12], [5] и [19]. В книге [20] рассматриваются модели скачков, которые стали привлекать особое внимание в последние годы.

В литературе показано, что американский колл опцион на акции, в случае отсутствия выплаты дивидендов, эквивалентен соответствующему европейскому колл опциону (см., например, [18], с. 111). По нашим сведениям, никем не исследована функция цены американского опциона (включая как пут, так и колл опционы) на акции, курс которых, как и выплаты дивидендов по ним, испытывают случайные скачки. Заме-

тим, что наличие дивидендов будет генерировать отличие между американским и европейским опционами. Мы рассмотрим акции с выплатой дивидендов, курс которых испытывает резкие колебания в силу каких-то неопределенных факторов, и исследуем вариации функции цены американского опциона. Будем считать процентную ставку и волатильность детерминированными липшицевыми функциями времени, а функцию выплат – произвольной ограниченной снизу выпуклой функцией. Используем чисто вероятностный подход для того, чтобы получить строгую оценку слабых производных первого и второго порядков от функции цены американского опциона. Результаты могут быть использованы для исследования равномерных приближений к оптимальной стратегии хеджирования, свойств регулярности оптимальных границ торговли для указанного типа опционов (примеры подобных свойств регулярности рассмотрены в [6], [7] для изучения ошибок хеджирования в дискретном времени для американского опциона, а также в [15] для анализа оптимальных границ торговли пут опционом американского типа).

Ниже мы приводим основную формулировку нашей модели и обозначаем некоторые предварительные результаты. Далее с помощью системы вариационных неравенств исследуются вариационные свойства и свойства регулярности функции цены американского опциона. В за-

ключении приводятся результаты и библиографические ссылки.

Формулировка и предварительные результаты. Рассмотрим вероятностное пространство $(\Omega, \mathcal{F}, P)$, на котором определим стандартное броуновское движение $B = (B_t)_{0 \leq t \leq T}$, пуассоновский процесс $N = (N_t)_{0 \leq t \leq T}$ с интенсивностью λ и последовательность $(U_i)_{i \geq 1}$ независимых равномерно распределенных случайных величин на интервале $(-1, \infty)$ с конечными моментами. Положим, что временной горизонт T конечен, и σ -алгебры, генерируемые, соответственно, посредством B, N и $(U_i)_{i \geq 1}$, являются независимыми. Обозначим через $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq T}$ P -дополнение естественной фильтрации величин (B_t) , (N_t) и $(U_i)_{i \leq N_t}$, где, как и ранее, $i \geq 1$ и $0 \leq t \leq T$.

На фильтрованном вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{F}_t, P)_{0 \leq t \leq T}$ рассмотрим финансовый рынок с двумя активами: денежной единицей с курсом M_t в момент t и акциями с выплатой дивиденда со значением цены S_t на момент t . Цены акций будем считать испытывающими скачки, пропорциональные U_i , в случайные моменты $T_i, i = 1, 2, \dots$, которые соответствуют моментам скачков в пуассоновском процессе.

Активы M_t и S_t удовлетворяют следующим обыкновенному и стохастическому дифференциальным уравнениям, соответственно (см. [12]):

$$dM_t = r(t)M_t dt, \quad M_0 = 1, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

$$dS_t = S_t \left((b(t) - \delta(t))dt + \sigma(t)dB_t + d \left(\sum_{i=1}^{N_t} U_i \right) \right), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

где S_t – является точной нижней гранью множества $\{S_t\}$, и мы предполагаем, что $b(t)$ есть определенный $\mathcal{F}_t$ -измеримый процесс, $r(t)$ – детерминированная процентная ставка (зависящая от времени), $\delta(t)$ – размер дивиденда, $\sigma(t)$

– волатильность акций. Положим далее, что функции $b(t), r(t), \delta(t), \sigma(t)$ есть непрерывно дифференцируемые функции времени, удовлетворяющие следующим требованиям:

$$0 \leq r(t) \leq \bar{r}, 0 \leq \delta(t) \leq \bar{\delta}, 0 < \underline{\sigma} \leq \sigma(t) \leq \bar{\sigma}, |b(t)| \leq \bar{r}, \\ |r(t) - r(s)| + |\delta(t) - \delta(s)| + |\sigma(t) - \sigma(s)| \leq k|t - s|, \quad (3)$$

где $s, t \in [0, T]$ и $\bar{r}, \bar{\delta}, \underline{\sigma}, \bar{\sigma}, k$ есть некоторые положительные константы.

Решение стохастического дифференциального уравнения (2) имеет вид (см. [20]):

$$S_t = S_0 \left(\prod_{i=1}^{N_t} (1 + U_i) \right) \exp \left[\int_0^t \left(b(u) - \delta(u) - \frac{\sigma^2(u)}{2} \right) du + \int_0^t \sigma(u) dB_u \right], S_0 > 0.$$

В [12] показано, что дисконтированная цена акций $\tilde{S}_t = e^{-\int_0^t r(u)du} S_t$ является мартингалом, если и только если выполнено условие

$$\int_0^t b(u)du = \int_0^t (r(u) + \delta(u) - \lambda E(U_1))du \quad (4)$$

В этой краткой статье мы анализируем функцию американского опциона с произвольной неотрицательной выпуклой функцией выплат $g(x)$, $x \geq 0$, удовлетворяющей соотношению

$$|g'(x \pm)| \leq c \text{ для всех } x > 0, \quad (5)$$

где $g'(x \pm)$ есть правая/левая производная от $g(x)$ и c – определенная положительная постоянная.

Положим без ограничения общности, что $g(0) = g(0+)$. Типичные примеры этого семейства функций – американские опционы, как колл, так и пут, с выплатами $g(x) = (x - L)^+$ и $g(x) = (L - x)^+$, соответственно, где L – цена исполнения.

Далее мы представим некоторые предварительные и важные для лучшего понимания результаты, а также обозначим наши основные выводы.

В первую очередь, важно напомнить, что функция $V(t, x)$, $x \geq 0$, $0 \leq t \leq T$, цены американского опциона может быть рассмотрена как функция, характеризующая соответствующую задачу оптимальной остановки (см., например, раздел 2.5 в [11]). В частности,

$$V(t, x) = \sup_{\tau \in \mathfrak{T}_{t,T}} E \left[\exp \left(- \int_t^\tau r(v)dv \right) g(S_\tau(t, x)) \right], x > 0, 0 \leq t \leq T, \quad (6)$$

где множество $\mathfrak{T}_{t,T}$ есть множество всех моментов остановок таких, что $\tau \leq t \leq T$, и стохастический процесс $S_u(t, x)$, $\tau \leq t \leq T$, удовлетворяет уравнению (2), то есть

$$dS_u = S_u \left((b(u) - \delta(u))du + \sigma(u)dB_u + d \left(\sum_{i=1}^{N_u} U_i \right) \right), \quad 0 \leq u \leq T \quad (7)$$

с начальным условием $S_t(t, x) = x$, $x > 0$.

Единственное сильное решение (7) представляется в виде $(S_u(t, x), \mathcal{F}_u)_{t \leq u \leq T}$, где

$$S_u(t, x) = x \left(\prod_{i=N_t+1}^{N_u} (1 + U_i) \right) \exp \left[\int_t^u \left(b(v) - \delta(v) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv + \int_t^u \sigma(v)dB_v \right].$$

Условие (4) приводит это решение к виду

$$S_u(t, x) = x \exp \left[\int_t^u \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv + \int_t^u \sigma(v)dB_v + \sum_{i=N_t+1}^{N_u} \ln(1 + U_i) \right].$$

Введем новый стохастический процесс $(X_u(t, y), \mathcal{F}_u)_{t \leq u \leq T}$, такой что

$$X_u(t, y) = y + \int_t^u \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv + \int_t^u \sigma(v)dB_v + \sum_{i=N_t+1}^{N_u} \ln(1 + U_i),$$

где $-\infty < y < \infty$, $t \leq u \leq T$, $U_i \in (-1, \infty)$, $i = 1, 2, \dots$

Предложение 1. Очевидно, что

$$S_u(t, x) = \exp[X_u(t, \ln x)], t \leq u \leq T, x > 0, \quad (8)$$

и для произвольного момента остановки τ , $t \leq \tau \leq T$, имеем

$$g(S_\tau(t, x)) = \psi(X_\tau(t, \ln x)), \quad (9)$$

где $\psi(y) = g(e^y)$, $-\infty < y < \infty$, есть новая функция выплат.

Ясно, что соответствующая задача оптимального времени остановки прямо выводится подстановкой (8) в (6) с получением

$$U(t, y) = \sup_{\tau \in \mathfrak{T}_{t,T}} E \left[\exp \left(- \int_t^\tau r(v) dv \right) \psi(X_\tau(t, y)) \right], \quad (10)$$

с $0 \leq t \leq T$ и $-\infty < y < \infty$. Из (6) и (9) получаем соотношение

$$V(t, x) = U(t, \ln x), x > 0, 0 \leq t \leq T. \quad (11)$$

$$U(t, y) = \sup_{\tau \in \mathfrak{T}_{0,1}} E \left[e^{-\int_t^{\tau+(T-t)} r(v) dv} \psi \left(y + \int_t^{\tau+(T-t)} \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv + \int_0^\tau \sqrt{T-t} \sigma(t+v(T-t)) dB_v + \sum_{i=1}^{N_{t+\tau(T-t)}} \ln(1+U_i) \right) \right], \quad (12)$$

где $\mathfrak{T}_{0,1}$ представляет собой множество всех моментов остановки τ с учетом фильтрации $(\mathcal{F}_t)_{0 \leq t \leq 1}$, принимающей значения в интервале $[0, 1]$.

Приходим к следующему результату.

$$|\psi(y_2) - \psi(y_1)| \leq c e^{|y_1|+|y_2|} |y_2 - y_1|, -\infty < y_1, y_2 < \infty. \quad (13)$$

Доказательство. Так как $g(x)$ выпукла, то она локально равномерно непрерывна (см. [17]). Поэтому можем записать

$$g(y) - g(x) = \int_x^y g'(v) dv, 0 < x \leq y < \infty. \quad (14)$$

Комбинируя (5), (9) и (14) и используя теорему о среднем значении, получаем

$$E\psi(X_\tau(t, y)) \leq cE \left(e^{x + \int_t^{\tau+(T-t)} \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv + \int_0^\tau \sqrt{T-t} \sigma(t+v(T-t)) dB_v + \sum_{i=1}^{N_{t+\tau(T-t)}} \ln(1+U_i)} + 1 \right) + g(1) \leq c(e^{x+(2\bar{r}+3\lambda E(U_1))T} + 1) + g(1). \quad (15)$$

Теперь мы готовы перейти к следующему предварительному результату.

Теорема 3. Функция $U(t, y), 0 \leq t \leq T, -\infty < y < \infty$, задачи (10) оп-

Используем масштабную инвариантность броуновского движения и преобразуем функцию $U(t, y)$ следующим образом (см. [10]):

Лемма 2. Пусть $g(x), x > 0$, есть неотрицательная конечная выпуклая функция, удовлетворяющая (5), тогда новая функция выплат $\psi(y), -\infty < y < \infty$, является локально липшицевой, то есть,

$$|\psi(y_2) - \psi(y_1)| = |g(e^{y_2}) - g(e^{y_1})| \leq c e^{|y_1|+|y_2|} |y_2 - y_1|.$$

□

Теперь можно записать $\psi(y) = g(e^y) - g(e^0) + g(1) \leq c(e^y + 1) + g(1)$, где использовано (5) и (14). Далее в этой части нам понадобится следующая оценка:

тимальной остановки является локально липшицевой по переменным y и t , то есть

$$|U(t, x) - U(t, y)| \leq A e^{|x|+|y|} |x - y|, x, y \in \mathbb{R}, 0 \leq t \leq T, \quad (16)$$

$$|U(t, y) - U(s, y)| \leq \frac{B e^{2|y|}}{\sqrt{T-t}} |t - s|, 0 \leq s \leq t < T, \quad (17)$$

где A и B есть определенные неотрицательные постоянные, зависящие от $\bar{r}, \bar{\sigma}, c, \lambda, k, g(1), E(1+U_1)^2, E(1+U_1)^{-2}$ и T .

Доказательство. Для любого фиксированного τ из множества $\mathfrak{T}_{t,T}$ и $x, y \in \mathbb{R}$, по Лемме 2 можем записать

$$\left| E \exp \left(- \int_t^\tau r(v) dv \right) \psi(X_\tau(t, x)) - E \exp \left(- \int_t^\tau r(v) dv \right) \psi(X_\tau(t, y)) \right| \leq E [e^{|X_\tau(t,x)|+|X_\tau(t,y)|} |X_\tau(t, x) - X_\tau(t, y)|] \leq A e^{|x|+|y|} |x - y|.$$

Отсюда, в силу свойства верхней грани (разность верхних граней меньше либо равна верхней грани разности), получаем (16).

Обратимся теперь к (17). Зафиксируем $\tau \in \mathfrak{T}_{0,1}$ и, используя (12), запишем

$$\begin{aligned}
 E \left[\left| e^{-\int_t^{t+\tau(T-t)} r(v) dv} \psi(X_\tau(t, y)) - e^{-\int_s^{s+\tau(T-s)} r(v) dv} \psi(X_\tau(s, y)) \right| \right] \leq \\
 E \left[\left| e^{-\int_t^{t+\tau(T-t)} r(v) dv} - e^{-\int_s^{s+\tau(T-s)} r(v) dv} \right| \psi(X_\tau(s, y)) \right. \\
 \left. + e^{-\int_s^{s+\tau(T-s)} r(v) dv} |\psi(X_\tau(t, y)) - \psi(X_\tau(s, y))| \right] \\
 \leq E \left[\left(c(e^{y+(2\bar{r}+3\lambda E(U_1))T} + 1) + g(1) \right) \left| e^{-\int_t^{t+\tau(T-t)} r(v) dv} - e^{-\int_s^{s+\tau(T-s)} r(v) dv} \right| \right] \\
 + e^{2|y|+2(\bar{r}+\lambda E(U_1))T} \left(e^{\lambda E(U_1)T} + e^{\left(\bar{\sigma}^2 - E\left(\frac{\lambda U_1}{1+U_1} \right) \right)T} \right)^2 \\
 \times \left[\left| \int_t^{t+\tau(T-t)} \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv \right. \right. \\
 \left. \left. - \int_s^{s+\tau(T-s)} \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv \right| \right. \\
 \left. + \left| \int_0^\tau \left(\sqrt{T-t}\sigma(t+v(T-t)) - \sqrt{T-s}\sigma(s+v(T-s)) \right) dB_v \right| \right. \\
 \left. + \sum_{i=N_{s+\tau(T-s)}+1}^{N_{t+\tau(T-t)}} \ln(1+U_i) \right], \tag{18}
 \end{aligned}$$

где использовано ограничение (15).

Используя теорему о среднем значении, получим

$$\left| e^{-\int_t^{t+\tau(T-t)} r(v) dv} - e^{-\int_s^{s+\tau(T-s)} r(v) dv} \right| \leq \left| \int_t^{t+\tau(T-t)} r(v) dv - \int_s^{s+\tau(T-s)} r(v) dv \right| \leq 2\bar{r}|t-s| \tag{19}$$

и подобным же образом

$$\begin{aligned}
 & \left| \int_t^{t+\tau(T-t)} \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv - \int_s^{s+\tau(T-s)} \left(r(v) - \lambda E(U_1) - \frac{\sigma^2(v)}{2} \right) dv \right| \\
 & \leq 2 \left(\bar{r} + \lambda E(U_1) + \frac{\bar{\sigma}^2(v)}{2} \right) |t-s|. \tag{20}
 \end{aligned}$$

Более того, для фиксированного τ , $0 \leq \tau \leq 1$ и $0 \leq s \leq t < 1$, согласно (3), имеем

$$\begin{aligned}
 E \left[\left| \int_0^\tau \left(\sqrt{T-t}\sigma(t+v(T-t)) - \sqrt{T-s}\sigma(s+v(T-s)) \right) dB_v \right|^2 \right] \\
 \leq E \int_0^\tau \left(\sqrt{T-t}\sigma(t+v(T-t)) - \sqrt{T-s}\sigma(s+v(T-s)) \right)^2 dv \\
 \leq 2T \int_0^1 \left(\sigma(t+v(T-t)) - \sigma(s+v(T-s)) \right)^2 dv \\
 + 2 \int_0^1 \left(\sqrt{T-t} - \sqrt{T-s} \right)^2 \sigma^2(t+v(T-t)) dv.
 \end{aligned}$$

Таким образом, получаем

$$E \left| \int_0^{\tau} \left(\sqrt{T-t} \sigma(t+v(T-t)) - \sqrt{T-s} \sigma(s+v(T-s)) \right) dB_v \right|^2 \leq \frac{2k^2 T^2 + \bar{\sigma}^2}{T-t} (t-s)^2. \quad (21)$$

Более того, поскольку $(U_i)_{i \geq 1}$ является последовательностью независимых равномерно распределенных интегрируемых случайных ве-

личин и N_t – пуассоновский процесс, можем записать

$$E \left| \sum_{i=N_{s+\tau(T-s)}+1}^{N_{t+\tau(T-t)}} \ln(1+U_i) \right| \leq E \sum_{i=N_{s+\tau(T-s)}+1}^{N_{t+\tau(T-t)}} |\ln(1+U_i)| = E \sum_{i=1}^{N_{(t-s)(1-\tau)}} |\ln(1+U_i)|.$$

Поскольку N_t есть возрастающая функция времени и $\tau \leq 1$, получаем

$$E \left| \sum_{i=N_{s+\tau(T-s)}+1}^{N_{t+\tau(T-t)}} \ln(1+U_i) \right| \leq E \sum_{i=1}^{N_{t-s}} |\ln(1+U_i)| = \lambda E |\ln(1+U_i)|(t-s). \quad (22)$$

Подставляя (19)–(22) в (18) и принимая во внимание то же самое свойство верхней грани, что было использовано выше, завершаем доказательство. $\square$

В следующей части перейдем к основным результатам статьи.

Вариационные неравенства. Пусть $\tilde{S}_t = e^{-\int_0^t r(u) du} S_t$ есть дисконтированная цена акций. Тогда дисконтированная функция цены опциона будет иметь вид

$$\tilde{V}(t, x) = e^{-\int_0^t r(u) du} V\left(t, x e^{\int_0^t r(u) du}\right), \quad 0 \leq t \leq T, x > 0. \quad (23)$$

Эта функция имеет класс C^2 на множестве $[0, T) \times \mathbb{R}^+$ (см. [12]), и между моментами скачков она удовлетворяет соотношению

$$\begin{aligned} \tilde{V}(t, \tilde{S}_t) = & V(0, S_0) + \int_0^t \frac{\partial \tilde{V}}{\partial u}(u, \tilde{S}_u) du + \int_0^t \frac{\partial \tilde{V}}{\partial u}(u, \tilde{S}_u) \tilde{S}_u (-\lambda E(U_1) du + \sigma(u) dB_u) \\ & + \frac{1}{2} \int_0^t \frac{\partial^2 \tilde{V}}{\partial u^2}(u, \tilde{S}_u) \sigma^2(u) \tilde{S}_u^2 du + \sum_{i=1}^{N_t} \left(\tilde{V}(\mathcal{T}_i, \tilde{S}_{\mathcal{T}_i}) - \tilde{V}(\mathcal{T}_i, \tilde{S}_{\mathcal{T}_i-}) \right), \end{aligned} \quad (24)$$

где $\tilde{S}_{\mathcal{T}_i} = (1+U_i)\tilde{S}_{\mathcal{T}_i-}$, $i = 1, 2, \dots$

Функция $\tilde{V}(t, x)$ – липшицева первого порядка по x (в соответствии с [12]), а процесс

$$M_t = \sum_{i=1}^{N_t} \left(\tilde{V}(\mathcal{T}_i, \tilde{S}_{\mathcal{T}_i}) - \tilde{V}(\mathcal{T}_i, \tilde{S}_{\mathcal{T}_i-}) \right) - \lambda \int_0^t \int_{-1}^{\infty} \left(\tilde{V}(u, \tilde{S}_u(1+z)) - \tilde{V}(u, \tilde{S}_u) \right) dh(z) du \quad (25)$$

есть интегрируемый мартингал, где $h(z)$ есть закон процесса U_i , $i = 1, 2, \dots$

Из (24) и (25) получаем, что следующее выражение:

$$\begin{aligned} \tilde{V}(t, \tilde{S}_t) - \int_0^t \left[\frac{\partial \tilde{V}}{\partial u}(u, \tilde{S}_u) - \lambda E(U_1) \tilde{S}_u \frac{\partial \tilde{V}}{\partial u}(u, \tilde{S}_u) + \frac{1}{2} \sigma^2(u) \frac{\partial^2 \tilde{V}}{\partial u^2}(u, \tilde{S}_u) \tilde{S}_u^2 \right. \\ \left. - \lambda \int_{-1}^{\infty} \left(\tilde{V}(u, \tilde{S}_u(1+z)) - \tilde{V}(u, \tilde{S}_u) \right) dh(z) \right] du \end{aligned} \quad (26)$$

есть мартингал, и можно записать (сравните с [9], где рассматривались акции без дивидендов)

$$\frac{\partial \tilde{V}}{\partial u}(u, \tilde{S}_u) - \lambda E(U_1) \tilde{S}_u \frac{\partial \tilde{V}}{\partial u}(u, \tilde{S}_u) + \frac{1}{2} \sigma^2(u) \frac{\partial^2 \tilde{V}}{\partial u^2}(u, \tilde{S}_u) \tilde{S}_u^2 - \lambda \int_{-1}^{\infty} \left(\tilde{V}(u, \tilde{S}_u(1+z)) - \tilde{V}(u, \tilde{S}_u) \right) dh(z) \leq 0 \quad (27)$$

везде в $(0, T) \times \mathbb{R}^+$.

Согласно нашему предположению, функция $g(x)$ выпукла, поэтому из (6) и (23) следует, что и $\tilde{V}(t, x)$ выпукла по отношению к x (доказательство похоже на приведенное в [14], и поэтому мы его опустим). Следовательно, для слабой частной производной можем записать

$$\frac{\partial^2 \tilde{V}}{\partial u^2}(u, \tilde{S}_u) \geq 0 \quad (28)$$

везде в $(0, T) \times \mathbb{R}^+$.

Теорема 4. *Отображение $\zeta(t, x) = xV(t, x)$ является локально липшицевым по x , то есть для всех $0 \leq t \leq T, 0 < x, y < \infty$, имеем*

$$|\zeta(t, x) - \zeta(t, y)| \leq (Ae^{|\ln x| + |\ln y|} + c(e^{x + (2\bar{r} + 3\lambda E(U_1))T} + 1) + g(1))|x - y|, \quad (29)$$

и локально липшицевым по t , то есть для $0 \leq s \leq t < T, x > 0$, справедливо

$$|\zeta(t, x) - \zeta(s, x)| \leq \frac{Bxe^{2|\ln x|}}{\sqrt{T-t}} |t - s|, \quad (30)$$

$$|\zeta(t, x) - \zeta(t, y)| = |xU(t, \ln x) - yU(t, \ln y)| \leq x|U(t, \ln x) - U(t, \ln y)| + |x - y|U(t, \ln y).$$

Используя (15) и (16), а также теорему о среднем значении, приходим к (29).

Подобным же образом, используя (11) и (17), придем к (30). $\square$

где A и B такие же, как в Теореме 3.

Доказательство. Используя (11), запишем

Предложение 5. *Слабая частная производная $\frac{\partial^2 V(t, x)}{\partial x^2}$ функции (6) удовлетворяет по отношению к переменной x следующей локальной оценке:*

$$x^2 \left| \frac{\partial^2 V(t, x)}{\partial x^2} \right| \leq \frac{D_1 + D_2 e^x + D_3 e^{2|\ln x|}}{\sqrt{T-t}}, \quad x > 0, 0 \leq t < T,$$

где D_1, D_2 и D_3 есть неотрицательные постоянные, значения которых зависят от $\bar{r}, \bar{\sigma}, \underline{\sigma}, c, g(1), k, T, \lambda, E|U_1|, E((1 + U_1)^2)$ и $E(|\ln(1 + U_1)|e^{|\ln(1 + U_1)|})$.

Доказательство. Используя (23), неравенства (27) и (28), и заменяя x выражением $xe^{-\int_0^t r(u)du}$, получаем систему неравенств

$$\begin{cases} -r(t)V(t, x) + \frac{\partial V(t, x)}{\partial t} - \lambda x E(U_1) e^{-\int_0^t r(u)du} \frac{\partial V(t, x)}{\partial x} + \frac{x^2}{2} \sigma^2(t) e^{-2\int_0^t r(u)du} \frac{\partial^2 V(t, x)}{\partial x^2} - \lambda \int_{-1}^{\infty} (V(t, x(1+z)) - V(t, x)) dh(z) \leq 0 \text{ на } [0, T) \times \mathbb{R}, \\ \frac{\partial^2 V(t, x)}{\partial x^2} \geq 0, x > 0. \end{cases} \quad (31)$$

Также, используя (11), получаем

$$\begin{cases} \frac{\partial V(t, x)}{\partial t} = \frac{\partial U(t, \ln x)}{\partial t}, \\ \frac{\partial V(t, x)}{\partial x} = \frac{1}{x} \frac{\partial U(t, \ln x)}{\partial y}, \\ \frac{\partial^2 V(t, x)}{\partial x^2} = \frac{1}{x^2} \frac{\partial^2 U(t, \ln x)}{\partial y^2} - \frac{1}{x} \frac{\partial U(t, \ln x)}{\partial y}, x > 0, 0 \leq t < T. \end{cases} \quad (32)$$

С учетом последних соотношений, неравенства (31) дают

$$\left| \frac{\partial^2 V(t, x)}{\partial x^2} \right| \leq \frac{2e^{2 \int_0^t r(v) dv}}{x^2 \sigma^2} \left[r(t)V(t, x) + \left| \frac{\partial V(t, x)}{\partial t} \right| + \lambda x E|U_1| \left| \frac{\partial V(t, x)}{\partial x} \right| + \lambda \left| \int_{-1}^{\infty} (V(t, x(1+z)) - V(t, x)) dh(z) \right| \right].$$

Доказательство следует отсюда после применения (15) и Теоремы 3. $\square$

Прежде чем перейти к локальной оценке Гёльдера, докажем следующую лемму.

$$\begin{aligned} |\gamma(t_2, x) - \gamma(t_1, x)| & \leq \frac{1}{h} \left[\int_x^{x+h} |\gamma(t_2, x) - \gamma(t_2, y)| dy + \int_x^{x+h} |\gamma(t_1, x) - \gamma(t_1, y)| dy \right. \\ & \quad + (x+h)|V(t_2, x+h) - V(t_1, x+h)| + x|V(t_2, x) - V(t_1, x)| \\ & \quad \left. + \int_x^{x+h} |V(t_2, y) - V(t_1, y)| dy \right], \end{aligned}$$

где $h > 0$.

Доказательство следует из записи разности

$$\gamma(t_2, x) - \gamma(t_1, x) = \gamma(t_2, x) - \gamma(t_2, y) + \gamma(t_2, y) - \gamma(t_1, y) + \gamma(t_1, y) - \gamma(t_1, x)$$

для любого положительного y , а затем – интегрирования по y от x до $x+h$. $\square$

Из Теорем 3, 4 и Предложения 5 можно увидеть, что частная производная $\frac{\partial V(t, x)}{\partial x}$ функции (9) локально непрерывна по паре аргумен-

Лемма 6. Функция $\gamma(t, x) = x \frac{\partial V(t, x)}{\partial x}$ для всех $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq T, x > 0$ удовлетворяет соотношению

тов $(t, x), 0 \leq t < T, x > 0$. Используя эту непрерывность, приходим к следующему результату.

Теорема 7. Функция $\gamma(t, x) = x \frac{\partial V(t, x)}{\partial x}$ для всех $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq T, x > 0$ по отношению к аргументу t удовлетворяет следующей локальной оценке Гёльдера степени $1/2$:

$$|\gamma(t, x) - \gamma(s, x)| \leq \frac{G(x)}{\sqrt{T-t}} |t - s|^{1/2}, 0 \leq s \leq t \leq T, x > 0, \quad (33)$$

где положительная функция $G(x)$ зависит от параметров $\bar{r}, \bar{\sigma}, \bar{c}, g(1), k, T, \lambda$ модели, а также от $E|U_1|, E((1+U_1)^2)$ и $E(|\ln(1+U_1)| e^{|\ln(1+U_1)|})$.

Доказательство. Используя локальную непрерывность функции $\frac{\partial V(t, x)}{\partial x}$, соотношения (32) и Предложение 5, можем записать

$$|\gamma(t, x) - \gamma(t, y)| = \left| x \frac{\partial V(t, x)}{\partial x} - y \frac{\partial V(t, y)}{\partial y} \right| \leq \frac{D_1 + D_2 e^x + D_4 e^{2|\ln x|}}{x\sqrt{T-t}} |x - y|, \quad (34)$$

где $D_4 = D_3 + A$ и $0 \leq t < T, 0 < x \leq y < \infty$.

Применяя неравенства (30) и (34) в Лемме 6, найдем

$$\begin{aligned} |\gamma(t_2, x) - \gamma(t_1, x)| & \leq \frac{1}{h} \left[\int_x^{x+h} \frac{D_1 + D_2 e^x + D_4 e^{2|\ln x|}}{x\sqrt{T-t_2}} (y-x) dy + \int_x^{x+h} \frac{D_1 + D_2 e^x + D_4 e^{2|\ln x|}}{x\sqrt{T-t_1}} (y-x) dy \right. \\ & \quad + \frac{B(x+h)e^{2|\ln(x+h)|}}{\sqrt{T-t_2}} |t_2 - t_1| + \frac{Bxe^{2|\ln x|}}{\sqrt{T-t_2}} |t_2 - t_1| + \int_x^{x+h} \frac{Be^{2|\ln y|}}{\sqrt{T-t_2}} |t_2 - t_1| dy \Big] \\ & = \frac{1}{h} \left[\frac{D_1 + D_2 e^x + D_4 e^{2|\ln x|}}{x\sqrt{T-t_2}} h^2 \right. \\ & \quad \left. + \left(\frac{B(x+h)e^{2|\ln(x+h)|}}{\sqrt{T-t_2}} + \frac{Bxe^{2|\ln x|}}{\sqrt{T-t_2}} + \frac{Bhe^{2|\ln(x+h)|}}{\sqrt{T-t_2}} \right) |t_2 - t_1| \right]. \end{aligned}$$

Выберем $h = C^*|t_2 - t_1|^{\frac{1}{2}}$, и тогда из последней оценки получим

$$|\gamma(t_2, x) - \gamma(t_1, x)| \leq \frac{1}{\sqrt{T - t_2}} \left[\frac{D_1 + D_2 e^x + D_4 e^{2|\ln x|}}{x} C^* + \frac{B(x + C^*\sqrt{T})e^{2|\ln(x + C^*\sqrt{T})|} + Bxe^{2|\ln x|} + BC^*\sqrt{T}e^{2|\ln(x + C^*\sqrt{T})|}}{C^*} \right] |t_2 - t_1|^{\frac{1}{2}}.$$

Минимальное значение величины C^* , которая является функцией x и зависит от констант в правой части этого неравенства, может быть найдено из этого соотношения. На этом доказательство закончено. $\square$

Заключение. В настоящей статье описана функция цены американского опциона (как пут, так и колл) на акции с выплатой дивидендов в модели диффузии со скачками. Эта функция была преобразована в эквивалентную форму. Доказано, что функция в новой форме является локально липшицевой по пространственной переменной, а также допускает оценку Гельдера степени $\frac{1}{2}$. Построенная функция имеет слабые частные производные 1-го порядка по времени и 1-го и 2-го порядка – по пространственной координате. Вторая слабая частная производная найденной функции является локально ограниченной.

**Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку Комиссии по высшему образованию Пакистана.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities // The Journal of Political Economy. 1973. V. 1. P. 637-654.
2. Chiarella C., Kang B. The evaluation of American compound option prices under stochastic volatility and stochastic interest rates // The Journal of Computational Finance. 2011. V.14. № 9. P. 1-21.
3. El Karoui N.E., Jeanblanc Picqu M., Shreve S.E. Robustness of the Black and Scholes formula // Mathematical Finance. 1998. V. 8. № 2. P. 93-126.
4. Elliot R., Kopp P. Option Pricing and Hedge Portfolio for Poisson Process // Stochastic Analysis and Applications. 1990. V. 8. P. 157-167.
5. Glowinsky R., Lions J.L., Treamolieres R. Numerical Analysis of Variational Inequalities. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, New York, 2011.
6. Hussain S., Shashiashvili M. Discrete time hedging of the American option // Mathematical Finance. 2010. V. 20. № 4. P. 647-670.
7. Hussain S., Rehman N. Estimate for the discrete time hedging error of the American option on a dividend paying stock // Math. Inequal. Appl. 2012. V. 15. P. 137-163.
8. Hussain S., Rehman N. Regularity of the American Option Value Function in Jump-Diffusion Model // Journal of Computational Analysis and Applications. 2017. V. 22. P. 286-297.
9. Israel V.P., Rincon M.A. Variational inequalities applied to option market problem // Applied Mathematics and Computation. 2008. V. 201. № 1. P. 384-397.
10. Jaillet P., Lamberton D., Lapeyre B. Variational inequalities and the pricing of American options // Acta Applicandae Mathematica. 1990. V. 21. № 3. P. 263-289.
11. Karatzas I., Shreve S.E. Methods of mathematical finance. Springer Science and Business Media, 1998.
12. Lamberton D., Lapeyre B. Stochastic Calculus Applied to Finance. UK: Chapman and Hall, 1997.
13. Leduc G. Can High-Order Convergence of European Option Prices be Achieved with Common CRR-Type Binomial Trees? // Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society. 2015. DOI 10.1007/s40840-015-0221-2. P. 1-14.
14. Pham H. Optimal stopping, free boundary, and American option in a jump diffusion model // Applied Mathematics and Optimization. 1997. V. 35. № 2. P.145-164.
15. Rehman N., Hussain S., Wasim Ul-Haq. Sensitivity analysis of the optimal exercise boundary of the American put option // Georgian Mathematical Journal. 2016. V. 23. № 3. P.429-433.
16. Rehman N., Shashiashvili M. The American Foreign Exchange option in Time-Dependent One-Dimensional Diffusion Model // Appl. Math Optim. 2016. V. 59. № 3. P. 329-363.
17. Royden H.L. Real analysis. New Delhi: Macmillan, Prentice-Hall of India, 1997.
18. Shreve, S.E. Stochastic Calculus for Finance. V. I. New York: Springer, 2004.
19. Shreve S.E. Stochastic Calculus for Finance. V. II. New York: Springer, 2004.
20. Situ R. Theory of Stochastic Differential Equation with Jumps and Applications. New York: Springer, 2012.
21. Zhang X.L. Numerical analysis of American option pricing in a jump diffusion model // Mathematics of Operations Research. 1997. V.22. № 3. P. 668-690.

Hussain S., Ali F., Hussain Z., Rehman N., Zuev S.V., Benderskaya O.B.**EVOLUTION OF AMERICAN OPTION VALUE FUNCTION ON A DIVIDEND PAYING STOCK UNDER JUMP-DIFFUSION PROCESSES**

This work is devoted to the analysis and evolution of the value function of American type options on a dividend paying stock under jump diffusion processes. An equivalent form of the value function is obtained and analyzed. Moreover, variational inequalities satisfied by this function are investigated. These results can be used to investigate the optimal hedging strategies and optimal exercise boundaries of the corresponding options.

Key words: american option, jump-diffusion model, poisson process, locally lipschitz continuity, weak derivatives.

Хуссейн Султан, PhD, доцент кафедры математики института информационных технологий.

Университет COMSATS.

Адрес: Тоуб Кэмп, Абботабад 22060, Пакистан.

E-mail: tausef775650@yahoo.co.in

Али Файха, PhD, доцент кафедры электротехнического инжиниринга.

Колледж NAMAL.

Адрес: Мианвали, Пакистан.

Хуссейн Закир, PhD, доцент кафедры математики института информационных технологий.

Университет COMSATS.

Адрес: Тоуб Кэмп, Абботабад 22060, Пакистан.

E-mail: zakirali@ciit.net.pk

Рехман Назир, PhD, заведующий кафедрой математики.

Открытый университет Аллама Икбаль.

Адрес: Исламабад, Пакистан.

Зуев Сергей Валентинович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

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

E-mail: sergey.zuev@bk.ru

Бендерская Ольга Борисовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита.

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

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

E-mail: obenderskaya@gmail.com

Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 3, 2017 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка А.В. Федоренко
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 10.02.17. Подписано в печать 09.03.17. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 25,81. Уч.-изд. л. 27,75

Тираж 1000 экз. Заказ 14. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 336 Лк.

Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».

Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

