

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

№ 2, 2016 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

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

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

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

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

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

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

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

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

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

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

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

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

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

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

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

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2016

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Коротков А.В., Высоцкая М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА МИНЕРАЛЬНОЙ ПОДЛОЖКИ И ЭМУЛЬГАТОРА В СОСТАВЕ ВОДНОЙ ФАЗЫ ДЛЯ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ	6
Ходаков И.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРЫВНОГО ТЕЧЕНИЯ НА ВХОДЕ В МНОГОУГОЛЬНОЕ ВСАСЫВАЮЩЕЕ ОТВЕРСТИЕ	11
Лебедев В.М. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИНТЕЛЛЕКТ ЗДАНИЙ	16
Толстой А.Д., Ковалева И.А., Новиков К.Ю. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ С ТЕХНОГЕННЫМ СЫРЬЕМ	19
Шошин Е.А., Поляков А.В., Буров А.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ НАНОСТРУКТУРЫ С-S-H-ФАЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В ПРОЦЕССЕ ДЕКАЛЬЦИНАЦИИ	25
Ахмедов М.А. ПОВРЕЖДЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ	32
Черныш А.С., Долженков Д.Ю. ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ	37
Толстомятов С.Н., Голованова Е.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТУХАНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ТВЕРДОМ ТЕЛЕ	41
Фролов Н.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ АРМОБЕТОННЫХ БАЛОК, В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫМИ СТЕРЖНЯМИ	46
Калачук Т.Г. ОСОБЕННОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ С КОАГУЛЯЦИОННЫМ ТИПОМ СТРУКТУРЫ	51
Горожанкин В.К. «СОВРЕМЕННОСТЬ» И ПРОЕКТАЯ КУЛЬТУРА	54
Никулин А.И., Обернихин Д.В., Рубанов В.Г., Свентиков А.А. ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО СЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	58
Степанов А.М., Поспелова Е.А., Митякина Н.А. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	64
Сулейманова Л.А. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ	69

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Жуков А.А. К ВОПРОСУ О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОМОЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА	77
Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Гончаров М.С. КОНТАКТНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНАХ	81
Калач А.В., Выговтов А.В., Сазанова А.А., Лебедев Ю.М. К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	87
Богданов В.С., Ельцов М.Ю., Стативко С.А., Анциферов С.И. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАРИАНТНЫХ СТРУКТУР ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ	92
Чепчуров М.С., Четвериков Б.С. ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ КАЧЕНИЯ	99

Санин С.Н., Оникиенко Д.А.
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МОБИЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ БАНДАЖЕЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ С БАЗИРОВАНИЕМ ПО ТОРЦОВОЙ
ПОВЕРХНОСТИ И ОТВЕРСТИЮ 104

Богданов В.С., Фадин Ю.М., Шаптала В.В., Гавриленко А.В.
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКОВ ЦЕМЕНТНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ
ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИИ ЦЕМЕНТА 110

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Филимонов С.И.
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА В ПРОГРАММНОМ
КОМПЛЕКСЕ *MATLAB* 113

Редькин Г.М., Коновалов А.В.
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ ЭКСТРЕМУМОВ ИНТЕНСИВНОСТИ
ТРЕЩИНОВАТОСТИ 121

Лазебная Е.А.
ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ,
СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОГНОЗНЫЙ ФОН ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ 128

Шаптала В.Г., Северин Н.Н., Коник А.А., Дорохин А.Ю.
УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМ РИСКОМ РЕГИОНА 133

Прокопенко А.Н., Ковалева Е.Г., Васюткина Д.И.
СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 138

Лисовский В.А., Литвин М.В., Сапоненко И.Г., Шаптала В.В.
ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ 141

Ильичев И.Е., Северин Н.Н., Нестерова Н.В., Степанова М.Н.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 145

Бондарь Ю.В., Степанова М.Н., Гревцев М.В., Павленко А.В.
АНАЛИЗ РИСКОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ 148

Нестерова Н.В., Кеменов С.А., Кутергин Н.Б.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ 152

Литвин М.В., Лукьянов Ю.Н., Радоуцкий В.Ю.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА
ИНФОРМАЦИИ НАДЗОРНЫМИ ОРГАНАМИ МЧС РОССИИ 157

Латкин М.А., Кеменов С.А., Фурманов И.В.
ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ
РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ 162

Данилова Т.В., Кудинова А.И., Радоуцкий В.Ю.
УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КРИЗИСНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ 167

Жернаков С.В., Гаврилов Г.Н.
ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В МОБИЛЬНЫХ
СИСТЕМАХ 171

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Мамаев В.В., Петров С.И., Новиков С.А., Зайцев С.В., Прохоренков Д.С.
ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЕВ GaN и AlGaN С ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ДИСЛОКАЦИЙ
МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АММИАКА 176

Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Борисов И.Н., Тимошенко Т.И., Буршина Н.А.
БЕТОНЫ С ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ
АЛЮМИНАТНЫХ ЦЕМЕНТОВ, ОПЛАВЛЕННЫЕ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУЕЙ 181

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абакумов Р.Г. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ И КЛЮЧЕВЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	186
Пивко И.С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ	192
Ткаченко Ю.А., Шевченко М.В. КОМПАЕНС-КОНТРОЛЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР В УПРАВЛЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИМ СУБЪЕКТОМ	196
Моисеев В.В. ИНВЕСТИЦИОННЫЙ КЛИМАТ КАК ФАКТОР ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ	200
Безуглый Э.А., Кутергин Н.Б., Алексеев Н.А., Ковалева Е.Г., Радоуцкий В.Ю. КРАУДСОРСИНГ – СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗАДАЧ	206
Гукова Е.А., Герасименко О.А., Авилова Ж.Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЛИЯНИЯ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ	209
Овчарова Н.В. РИСКИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАУДФАНДИНГА КАК СПОСОБА ФИНАНСИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ	214
Костыря А.В. К ВОПРОСУ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА БЕЛГОРОДЧИНЕ	217
Сомина И.В. КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ КЛЮЧЕВЫХ СЕКТОРОВ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ ПО ПРИНЦИПУ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА	224

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

*Коротков А.В., начальник управления разработки технологий и контроля качества
ООО «Газпромнефть – битумные материалы»*

Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА МИНЕРАЛЬНОЙ ПОДЛОЖКИ И ЭМУЛЬГАТОРА В СОСТАВЕ ВОДНОЙ ФАЗЫ ДЛЯ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ

roruri@rambler.ru

В работе представлена методика подбора состава устойчивых битумных эмульсий, основанная на прогнозировании совместимости ПАВ в составе водной фазы и минерального заполнителя. Предлагается на стадии изучения водной фазы подбирать эффективную концентрацию эмульгатора. Оптимальность концентраций ПАВ оценивалась по показателям краевого угла смачивания. Для обоснованности предполагаемого результата эксперимент проводился на серии водных фаз с различными концентрациями эмульгатора. Показано, что совместимость минеральной подложки и ее природа оказывает существенное влияние на состав эмульсий. Итогом работы явилось подтверждение теории по получению устойчивых к распаду битумных эмульсий.

Ключевые слова: эмульгатор, водная фаза, битумная эмульсия, краевой угол смачивания, минеральная подложка.

Введение. В дорожно-строительном сегменте, наиболее распространенными являются битумные эмульсии, которые, чаще всего, относятся к типу эмульсий масло-в-воде, когда битум диспергируется в водной фазе [1]. Для обеспечения этого процесса необходимо уравнивать поверхностное натяжение обеих фаз – битума и воды, т.е. понизить его на границе раздела фаз. Для этого в воду вводится определенное количество эмульгатора (ПАВ). Образуется так называемая водная фаза.

Эмульгатор состоит из длинной углеводородной цепи, которая заканчивается анионной или катионной функциональной группой. Парафиновая часть (углеводородная цепь) иона эмульгатора ориентируется относительно поверхности битумной капли, в результате чего углеводородная цепь прочно связывается с битумом. Ионная часть при этом расположена у поверхности капли. В результате капли становятся электрически заряженными – положительный заряд для катионных и отрицательный заряд для анионных эмульсий. Молекулы эмульгатора имеют неполярную часть, обладающую большим сродством по отношению к битуму, благодаря чему они, как бы, вкальваются в битумные капли [2].

Получение устойчивой эмульсии возможно только в том случае, когда на поверхности всех капелек эмульсии образуется стабилизирующая адсорбционная пленка, механически препят-

ствующая агрегированию и коалесценции капелек битума.

В свою очередь, получение эффективной эмульсионно-минеральной смеси с устойчивой к отслаиванию водой битумной пленки возможно при совместимости эмульгатора с минеральной подложкой. Битумные эмульсии нашли широкое применение в современных эффективных технологиях дорожного строительства [1–4].

Методика. В связи с этим, в представленной работе, была апробирована методика прогнозирования совместимости минерального заполнителя и ПАВ, в составе водной фазы, используемого для эмульгирования битума. Критерием, характеризующим оптимальные концентрации эмульгаторов в водной фазе, и совместимость с каменным материалом, был принят показатель краевого угла смачивания.

Эксперимент выполнялся на катионных эмульгаторах одного из ведущих производителей AkzoNobel: REDICOTE E-11 и REDICOTE EM-44. Добавки для исследования подбирались таким образом, чтобы механизм их действия на эмульсию отличался друг от друга. В соответствии со спецификацией производителя на продукцию, REDICOTE EM-44 – это эффективный жидкий эмульгатор для катионных битумных эмульсий с быстрой и средней скоростью распада; который также действует в качестве адгезионной добавки. Рекомендуемая концентрация для быстрораспадающихся эмульсий 0,12–

0,25 %, для среднераспадающихся 0,25–0,6 %. REDICOTE E-11 – позволяет получать катионные битумные эмульсии с медленной скоростью распада, при его содержании в водной фазе 0,6–1,5 %. Основу при производстве добавок REDICOTE составляют полиамины [1, 3]. А также два вида подложек: красный гранит и белый мрамор.

Выбор типа подложек объясняется тем, что они по своим химическим свойствам диаметрально противоположны. Гранит относится к кислым породам, а мрамор – к основным. В свя-

зи с этим, можно предположить, что проявление свойств водной фазы при контакте с этими минеральными материалами будет различным. Подложки используемых горных пород предварительно были подготовлены: распилены на пластины, вымыты, высушены, отшлифованы, после чего еще раз вымыты и высушены.

Постановка эксперимента осуществлялась на обширной серии водных фаз. Состав и свойства водных фаз, приготовленных для исследования, представлены в табл. 1.

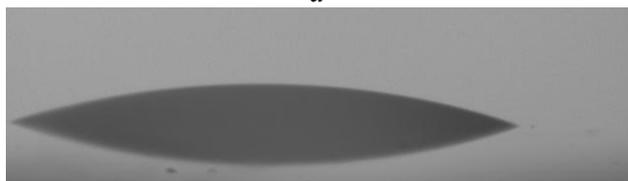
Таблица 1

Составы и свойства водной фазы

Вид эмульгатора							
REDICOTE E-11				REDICOTEEM-44			
№ состава	содержание, %		РН водной фазы	№ состава	содержание, %		РН водной фазы
	эмульгатор	кислота			эмульгатор	кислота	
1	0,15	0,07	2,21	9	0,10	0,13	2,08
2	0,20	0,07	2,19	10	0,15	0,16	2,08
3	0,25	0,08	2,14	11	0,25	0,20	2,05
4	0,60	0,10	2,04	12	0,30	0,21	2,07
5	0,80	0,08	2,16	13	0,40	0,48 H ₃ PO ₄	2,05
6	1,01	0,08	2,15	14	0,50	0,60 H ₃ PO ₄	2
7	1,30	0,08	2,10	15	0,60	0,69 H ₃ PO ₄	1,9
8	1,51	0,09	2,19	16	0,80	0,91 H ₃ PO ₄	1,93

Для изучения краевого угла смачивания использовался метод «растекающейся капли» [5, 6]. Изображения капли (рис. 1) получали при помощи цифровой фотокамеры. Расчет значений угла смачивания проводили с использованием

а



измеренных высоты и ширины капли [3]. Предлагаемый метод основан на изучении динамики изменения свойств водной фазы и поверхности раздела «водная фаза – минеральная подложка» при изменении в ней концентрации ПАВ.

б

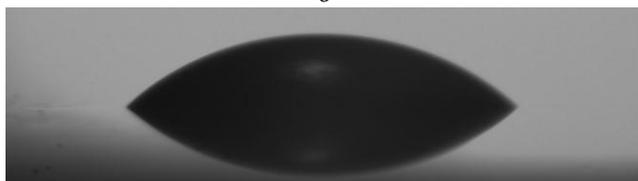


Рис. 1. Форма капли водной фазы с эмульгатором REDICOTE EM-44 на подложке из (а) мрамора, (б) гранита

Краевой угол смачивания является характеристикой гидрофильности или гидрофобности используемой для эксперимента поверхности, а также служит характеристикой адсорбции, протекающей при контакте водной фазы и минеральной подложки. Такой контакт, в ряде случаев, сопровождается химическим взаимодействием жидкостей и минералов, ионным обменом, а также растворением и электрокинетическими явлениями [6].

Основная часть. В исследованиях, выполненных ранее [7], были установлены зависимости поверхностного натяжения и краевого угла смачивания водной фазы, от концентрации

эмульгатора в ее составе, имеющие пилообразный профиль. Было предположено, что в рекомендуемом производителем интервале содержания эмульгатора для битумной эмульсии, существуют неэффективные концентрации, действие и изменчивость которых проявляется при контакте с минеральными материалами различной природы.

При изучении растекающейся способности исследуемых водных фаз в зависимости от концентрации и вида эмульгатора по поверхности минеральных материалов, были получены интересные результаты.

Основная идея исследования – оценить возможность раннего прогнозирования совместности эмульгатора, используемого для приготовления битумной эмульсии и минерального материала, который будет взаимодействовать с товарным эмульгированным вяжущим. Для проверки воспроизводимости и достоверности экс-

перимента подложки выбирались из разных партий материалов, на рис. 2, 3 это отображено в виде двух линий. Очевидно, что замена подложки повлияла на изменения показателя краевого угла смачивания. Однако общая закономерность в рамках одного вида каменного материала сохранилась.

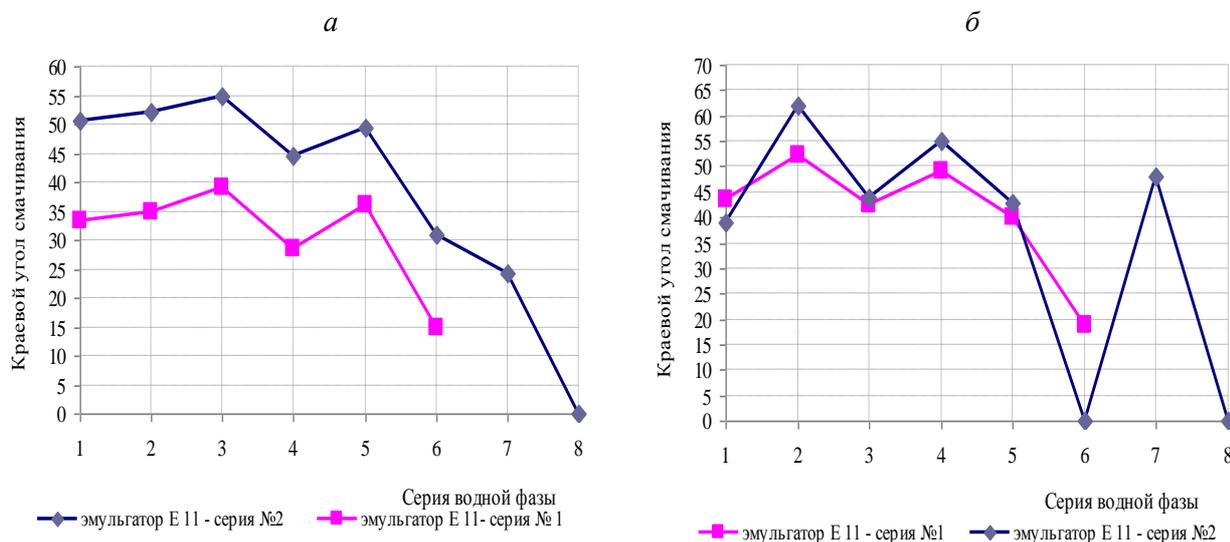


Рис. 2. Изменение краевого угла смачивания водной фазой, приготовленной с REDICOTE E-11 на минеральной подложки из: а) белого мрамора, б) красного гранита

В процессе постановки эксперимента были получены данные, подтверждающие положения разрабатываемой гипотезы, изложенные в предыдущих работах [7, 8].

В общем случае, при контакте различных фаз на поверхности их раздела образуется монослой. При контакте водной фазы с минеральной подложкой мономолекулярный слой образуется вследствие адсорбции ПАВ из изучаемых растворов. С ростом концентрации эмульгатора в водной фазе мономолекулярный слой может переходить в полимолекулярный поверхностный слой [5], в результате чего свойства минеральной поверхности значительно изменяются. И могут сопровождаться трансформацией минеральных подложек от гидрофильных к гидрофобным при контакте с различными эмульгаторами, что в последствии приводит к гетерокоалесценции битумных частиц из битумных эмульсий на поверхности минерала [9]. Это явление основано на выборочной адсорбции эмульгатора в местах контакта с минеральной поверхностью из водной фазы. В системе «минеральная подложка – катионный эмульгатор» адсорбция происходит за счет физических процессов, таких, как электростатическое притяжение и связывание на поверхности углеводородной цепи эмульгатора. Электростатические силы создаются за счет притяжения положительно заряженных полярных групп ионов эмульгатора

и отрицательно заряженного места ионов минерального материала при превышении критической концентрации, которая зависит от природы каменной подложки и pH среды [9]. Эти связи могут быть различных типов. Электростатические характеристики минеральной поверхности и свойства водной фазы – это наиболее значимые параметра, инициирующие процессы адсорбции эмульгатора в системе.

Наиболее существенные различия в зависимостях краевого угла смачивания от концентрации эмульгатора (см. рис. 3) полученных на различных минеральных подложках, наблюдаются при высоких концентрациях эмульгатора (0,6–0,8 %). В этом случае при контакте с гранитной подложкой происходит полное растекание капли водной фазы. Что более чем объяснимо, так как в соответствии с рекомендациями производителя [1, 3] интервал концентраций для приготовления среднераспадающейся эмульсии составляет 0,25–0,6 %.

Выводы. Анализ и сопоставление полученных данных показал, что в соответствии с предлагаемым методом разработки составов битумных эмульсий, на графиках выявляются наиболее эффективные концентрации, соответствующие сериям водных фаз на эмульгаторе REDICOTE E-11 - № 6 и № 8, на REDICOTE EM-44 – № 9, 11 и 13, а также №15 и №16. Подобранный отбор обоснован низким межфазным

натяжением на границе раздела водная фаза/минеральная подложка, что предполагает высокую дисперсность эмульсии, приготовленной на таком растворе, а малые показатели краевого угла смачивания поверхности минеральной подложки свидетельствуют о высокой совместимости системы водная фаза/каменный материал. Таким образом, можно предположить, что битумные эмульсии, приготовленные с использованием обозначенных серий водных фаз, долж-

ны быть кинетически устойчивыми, с наличием адсорбционных слоев эмульгатора, сдерживающих коагуляцию (коалесценцию) капель эмульсии и характеризоваться относительной однородностью капель дисперсных систем [10].

Сформулированные предпосылки нашли свое подтверждение при приготовлении битумных эмульсий на основе водных фаз указанных составов.

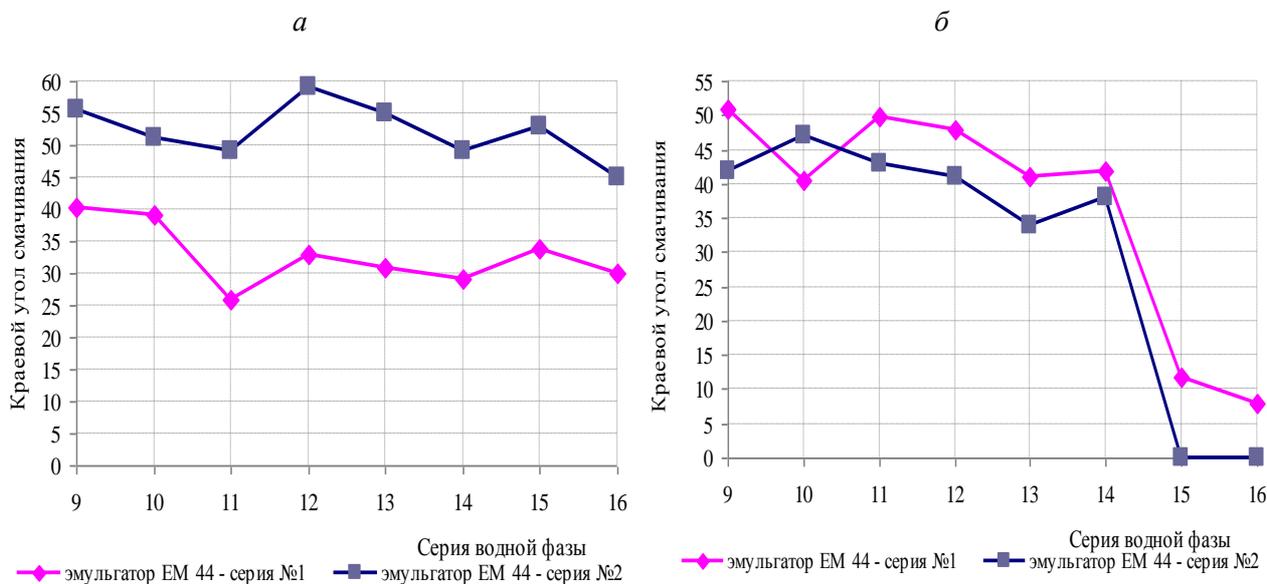


Рис. 3. Изменение краевого угла смачивания водной фазой, приготовленной с REDICOTE EM-44 на минеральной подложке из: (а) белого мрамора, (б) красного гранита

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорожные добавки. Техническое руководство / Akzo Nobel Surface Chemistry AB, Sweden. 2010. 36 с.

2. Действие эмульгатора [Электронный ресурс] // "Эмульсионно-битумные технологии". Эксклюзивный дистрибьютор компании AkzoNobel в России. URL: http://emulbittech.ru/deystvie_emulgatora (дата обращения 22.09.2015).

3. Технология производства эмульсий / Akzo Nobel Surface Chemistry AB, Sweden. 2011. 28 с.

4. Высоцкая М.А., Чевтаева Е.В., Ширяев А.О. Холодные технологии дорожно-ремонтных работ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 25–29.

5. Сумм Б.Д. Гистерезис смачивания // Соросовский образовательный журнал. 1999. №7. С. 98–102.

6. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Под ред. Ю.Г. Фролова, А.С. Гродского. М.: Химия, 1986. 216 с.

7. Коротков А.В., Высоцкая М.А. Изучение физико-химических свойств водной фазы катионных битумных эмульсий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 10–12.

8. Vysotskaya M.A., Korotkov A.V. Optimization of provide compositions bitumen emulsions, for example the cationic emulsifier // Applied Mechanics and Materials. Vols. 725-726. P. 517-522. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.517.

9. Скориков С.В. Исследование взаимодействия между минералами и катионными эмульгаторами // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2008. № 3 С. 16–20.

10. Тыртышов Ю.П., Скориков С.В., Печеный Б.Г., Ещенко А.И. К теории стабильности битумных дисперсных систем и водных битумных эмульсий // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2005. № 1. С. 46–50.

Korotkov A.V., Vysotskaya M.A.**RESEARCH OF INFLUENCE OF MINERAL TYPE SUBSTRATE AND EMULSIFIER IN THE COMPOSITION OF THE AQUEOUS PHASE FOR THE BITUMEN EMULSION AT THE EDGE ANGLE**

The paper presents the method of selection of the composition of stable bitumen emulsions, based on the prediction of compatibility of surfactants in the composition of the aqueous phase and the mineral filler. It is proposed at the stage of analysis of the aqueous phase to choose the effective concentration of the emulsifier. The optimal concentration of surfactants was evaluated by parameters of contact angle of wetting. For the validity of the estimated result of the experiment was conducted on a series of aqueous phases with differing concentrations of emulsifier. It is shown that the compatibility of the mineral substrate and its nature has a significant influence on the composition of the emulsions. The outcome of this work was confirmation of the theory for obtaining resistant to disintegration of bitumen emulsions.

Key words: *emulsifier, aqueous phase, bitumen emulsion, wetting angle, the mineral substrate.*

Коротков Алексей Викторович, начальник управления разработки технологий и контроля качества.

ООО «Газпромнефть – битумные материалы».

Адрес: Россия, г. Санкт-Петербург, пер. Зоологический, д. 2-4, лит. Б.

E-mail: Korotkov A.V@yandex.ru

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог.

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

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

E-mail: roguri@rambler.ru

Ходаков И.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРЫВНОГО ТЕЧЕНИЯ НА ВХОДЕ В МНОГОУГОЛЬНОЕ ВСАСЫВАЮЩЕЕ ОТВЕРСТИЕ*

ivh89@bk.ru

Приведены результаты математического моделирования осесимметричных и пространственных отрывных течений в спектрах действия круглых и квадратных вытяжных каналов с использованием кольцевых и многоугольных дискретных вихревых особенностей. Определяются поля скоростей воздуха во всасывающих факелах и отрывные поверхности тока. Обсуждаются различные подходы использования дискретных вихрей для моделирования течений вблизи всасывающих каналов.

Ключевые слова: моделирование, отрывные потоки, всасывающий патрубок, дискретные вихри.

Введение

Исследование отрывных течений является одной из фундаментальных и наиболее сложных проблем гидроаэромеханики. Истечению турбулентных струй посвящены десятки тысяч научных трудов, всасывающим факелам – значительно меньше. Учет отрыва потока на входе во всасывающие каналы приближает расчетные величины к данным эксперимента [1, 2]. Найденные очертания вихревых областей позволяют разрабатывать рекомендации о профилировании входных кромок патрубка и снижении его аэродинамического сопротивления [1, 3–7, 8]. Для численных исследований отрывных течений хорошо зарекомендовал себя метод дискретных вихрей [2, 6, 7, 9, 10]. В работах [11–13] использовалась стационарная, а в трудах [3–7, 9, 14, 15] нестационарная постановка задачи для расчета отрывных течений на входе в щелевидные и круглые всасывающие каналы. В этих работах в качестве дискретных вихревых особенностей использовались бесконечно тонкие прямолинейные вихревые шнуры и кольце-

вые вихри. В данной работе для построения дискретной модели к этим вихревым элементам добавляются многоугольные вихревые рамки, что позволит перейти к решению трехмерных задач о всасывающих факелах с учетом отрыва потока. Далее приведены решения задач моделирования отрыва потока на входе в круглый и квадратный всасывающие патрубки в неограниченном пространстве.

Моделирование отрыва потока на входе в круглый всасывающий патрубок

Для расчета отрывного течения на входе в круглый всасывающий канал использовалась осесимметричная стационарная и нестационарная постановки задачи, а также квазисимметричная, где использовались вихревые многоугольные рамки, что усложняет расчеты, но дает возможность решать трехмерные задачи.

Влияние на произвольную точку $x(x_1, x_2, x_3)$ k -й вихревой n -угольной рамки единичной интенсивности (рисунок 1а) определяется из выражения:

$$G(x, k) = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^N \frac{[(r_{i+1}^k - r_i^k) \times r_i^k]}{|r_{i+1}^k - r_i^k|^2 |r_i^k|^2 - ((r_{i+1}^k - r_i^k) \cdot r_i^k)^2} \left(-\frac{(r_{i+1}^k - r_i^k) \cdot r_{i+1}^k}{|r_{i+1}^k|} + \frac{(r_{i+1}^k - r_i^k) \cdot r_i^k}{|r_i^k|} \right) \quad (1)$$

где $r_i^k = \{A_{1i}^k - x_1, A_{2i}^k - x_2, A_{3i}^k - x_3\}$, $A_i^k (A_{1i}^k, A_{2i}^k, A_{3i}^k)$ – i -вершина k -й многоугольной рамки.

Тогда, индуцированная рамкой интенсивности $\Gamma(k)$, скорость v в точке x вдоль направления n вычисляется с помощью скалярного произведения:

$$v_n(x) = (G(x, k) \cdot n) \Gamma(k) \quad (2)$$

Далее будем обозначать

$$G^{pk} = (G(x^p, k) \cdot n) \quad (3)$$

где, как и прежде x^p – p -я контрольная точка. Контрольные точки располагаются посередине между многоугольными вихревыми рамками, по поверхности трубы или в центре треугольных и четырехугольных вихревых рамок, расположенных в активном сечении трубы (рис. 1, б).

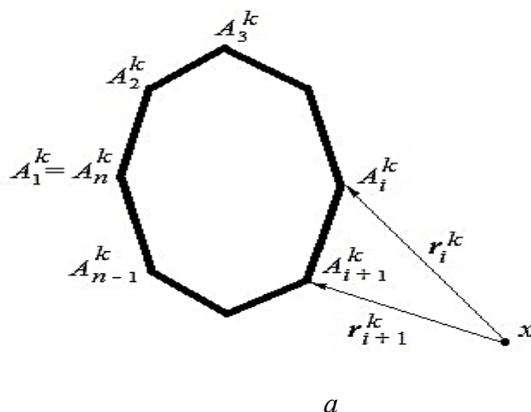
Заметим, что по всей рамке интенсивность Γ неизменна во всех точках вихревого многоугольника.

В момент времени $t = m \cdot \Delta t$ система для определения неизвестных интенсивностей присоединенных вихревых рамок имеет следующий вид:

$$\sum_{k=1}^N G^{pk} \Gamma^k + \sum_{\tau=1}^m G^{p\tau} \gamma^\tau = v^p, \quad (4)$$

а скорость в данный момент времени во внутренней точке x вдоль заданного направления n определяется путем суммирования на данную точку всех присоединенных и свободных рамок:

$$v_n(x) = \sum_{k=1}^N G^k \Gamma^k + \sum_{\tau=1}^m G^\tau \gamma^\tau, \quad (5)$$



где G^k – функция влияния на т. x k -й вихревой рамки, Γ^k – ее циркуляция, G^τ – функция влияния на точку x вихревой рамки сошедшей с острой кромки в момент времени τ .

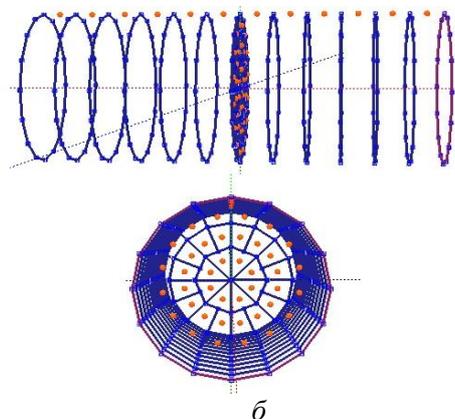


Рис. 1. Вихревые многоугольные рамки:

a – влияние на точку x k -й вихревой n -угольной рамки; b – дискретная модель

В следующий момент времени происходит сход новых вихрей, старые сдвигаются по направлению потока, определяются неизвестные циркуляции присоединенных вихрей путем ре-

шения системы (4) и т.д., пока не достигается заданная цель.

Новое положение вершины свободной рамки определяется из формулы

$$x' = x + v_x \cdot \Delta t, \quad y' = y + v_y \cdot \Delta t, \quad z' = z + v_z \cdot \Delta t \quad (6)$$

где (x, y, z) – координаты ее предыдущего положения, $\{v_x, v_y, v_z\}$ – составляющие вектора скорости в этой точке (находятся с использованием формул (1), (5) вдоль направлений $\vec{n} = \{1, 0, 0\}$, $\vec{n} = \{0, 1, 0\}$, $\vec{n} = \{0, 0, 1\}$ соответственно).

Если некоторая точка расположена по отношению к данной вихревой рамке на расстоянии меньшем радиуса дискретности, то влияние этой вихревой рамки на данную точку не учитывается.

В каждый момент времени в поток будет сходить многоугольная вихревая рамка с интенсивностью, равной интенсивности многоугольной вихревой рамки, лежащей на срезе приточного отверстия. Циркуляция этой вихревой свободной рамки с течением времени уже изменяться не будет. Изменяется лишь ее положение.

Разработанная программа позволяет и обратить течение, то есть исследовать течение приточной турбулентной струи. В этом случае структура течения коррелируется с расчетами А.В. Дворак и Н.В. Хлапова.

Для проверки адекватности и достоверности рассмотренных моделей был произведен расчет осевой скорости в зависимости от рас-

стояния до входа во всасывающее отверстие (рис. 2). Сравнение производилось с экспериментальными данными Alden J.L. [16] и расчетами по эмпирической формуле В.Н. Посохина [8].

Удаленность x обезразмеривалась путем деления на радиус трубы; скорость делилась на среднюю скорость во всасывающем канале.

Во всех моделях радиус трубы 0.2 м; длина трубы 2 м; расстояние между соседними присоединенными вихрями равнялось 0.01 м; шаг дискретности 0.005 м. Практически полное совпадение с экспериментальными данными демонстрируют расчеты, выполненные в рамках стационарной модели (кривая 5 на рис. 2). Эта же модель с высокой точностью позволяет определить коэффициент сжатия струи и коэффициент местного сопротивления входа в трубу по формуле $\zeta = (1 - 1/(\delta_\infty / R)^2)^2$. Расчетное значение величины к.м.с. $\zeta \approx 1.08$ и отличается от экспериментального $\zeta = 1$ на 8 %. Эта особенность модели позволяет исследовать влияние различных экранов и профилей на величину ζ [17].

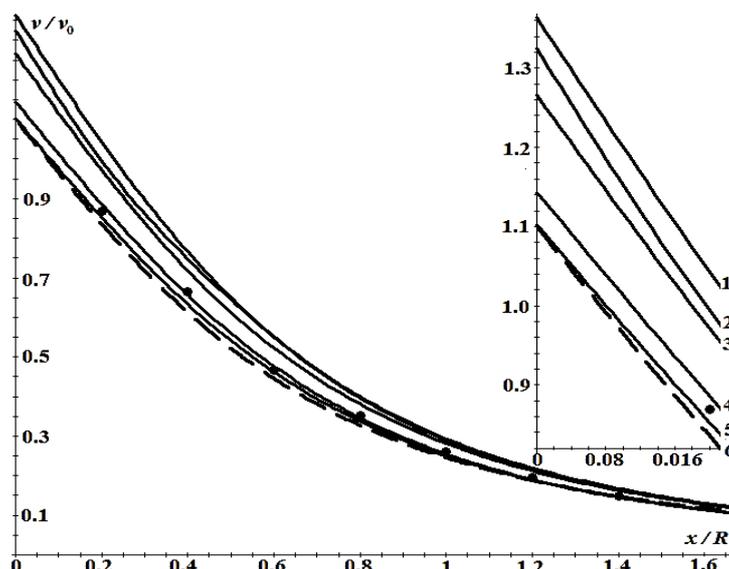


Рис. 2. Изменение безразмерной осевой скорости при удалении от входа в круглую трубу: 1 – осесимметричная задача в нестационарной постановке при $\Delta t = 0,005$; 2 – квазиосесимметричная задача в нестационарной постановке при $\Delta t = 0,005$; 3 – осесимметричная задача в нестационарной постановке при $\Delta t = 0,01$; 4 – квазиосесимметричная задача в нестационарной постановке при $\Delta t = 0,01$; 5 – осесимметричная задача в стационарной постановке; 6 – экспериментальная кривая В.Н. Посохина; черные кружочки – экспериментальные данные J.L. Alden и J.M. Kane

Несколько завышенные величины скорости дают расчеты в рамках нестационарных моделей (кривые 1 – 4 рис. 2). Все же ближе к эксперименту результаты решения задачи в квазиосесимметричной постановке кривые 2, 4). Вихревая структура течения при этом имеет подобную структуру, что и для осесимметричной задачи в нестационарной постановке: вблизи стенок трубы образуется возвратная область течения, что не улавливает стационарная модель.

Коэффициент сжатия всасываемой струи и, соответственно, к.м.с. в рамках нестационарных моделей определить затруднительно. Поскольку форма поверхности тока, сходящей с острой

кромки трубы, пульсирует во времени. Но даже и при усреднении величины δ_∞ значение к.м.с. превышает экспериментальное более чем на 50 %.

Моделирование отрыва потока на входе в квадратное всасывающее отверстие

При помощи разработанной компьютерной программы впервые решена задача математического моделирования отрыва потока на входе в квадратный всасывающий канал (рис. 3) с острыми кромками, расположенный в неограниченном пространстве, с использованием квадратных вихревых рамок.

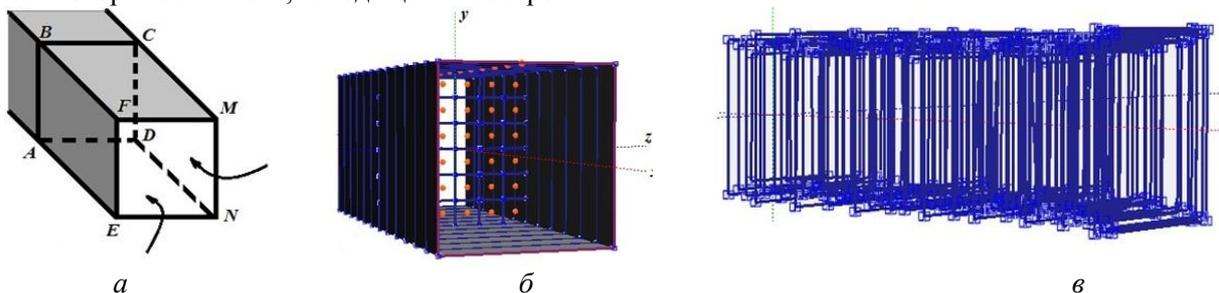


Рис. 3. Квадратный патрубок в неограниченном пространстве: а – схема течения; б – дискретная модель; в – свободные квадратные вихревые рамки, полностью заполнившие область течения внутри трубы

Стенки трубы дискретизируются на квадратные вихревые рамки (присоединенные вихри) и расчетные точки, где выполняются граничные условия непроницаемости для нормальной составляющей скорости. Эти точки расположены на стенке трубы посередине между вихревыми рамками. Всасывающее сечение тоже разбивает-

ся на квадратные вихревые рамки, в центре каждой из которых содержится расчетная точка, где нормальная составляющая скорости равна скорости всасывания v_0 .

Для линий тока в системе координат, показанной на рис. 4, *a*, предлагаются следующие

$$x = 1.72(|y|-1)^2 - 2.88(|y|-1) + 0.82 + 0.76 \ln(|y|-0.66). \quad (7)$$

Здесь показаны линии тока в плоскости, проходящей через ось отсоса и через середины противоположных сторон. Ось *OX* направлена по оси отсоса; оси *OY*, *OZ* - через середины противоположных сторон. Все размеры отнесены к полустороне *a* квадрата. Понятно, что если в

$$\begin{aligned} (z \leq y \cap z \geq -y) \cup (z \geq y \cap z \leq -y) &\Rightarrow x = 1.72(|z|-1)^2 - 2.88(|z|-1) + 0.82 + 0.76 \ln(|z|-0.66); \\ (z \geq y \cap z \geq -y) \cup (z \leq y \cap z \leq -y) &\Rightarrow x = 1.72(|y|-1)^2 - 2.88(|y|-1) + 0.82 + 0.76 \ln(|y|-0.66) \end{aligned} \quad (8)$$

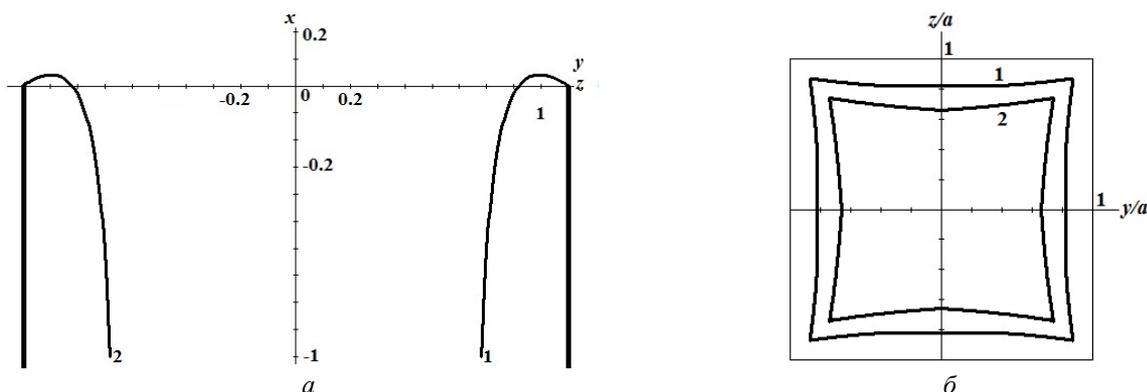


Рис. 4. *a* – линии тока, построенные по формуле (6); *б* – граница всасывающего сечения: кривая 1 – на входе в квадратную трубу; 2 – в сечении, заглубленном на расстояние $\approx 0.8a$

Заметим, что в этих формулах полагалось, что сжатое сечение имеет квадратную форму. Эта форма несколько нарушается при приближении к углам сечения (рис. 4, *б*).

Площадь всасывающего сечения равна $\approx 0.699a^2$, что на $\approx 4\%$ больше, чем если считать его квадратным с площадью равной $\approx 0.672a^2$. Площадь эффективного всасывания в сечении, заглубленном на расстояние $\approx 0.8a$ от входа в трубу, составляет $0.50675a^2$. Если посчитать к.м.с. по формуле Борда, то $\zeta \approx 0.95$, что коррелируется с данными практики, где принято считать этот коэффициент равным 1.

Выводы

Разработаны методы математического моделирования и их программно-алгоритмическая поддержка для расчета осесимметричных и пространственных отрывных течений в спектрах действия вытяжных каналов. Использование стационарных дискретных вихрей позволяет с достаточной точностью определять поле скоростей, границы отрыва потока и коэффициент местного сопротивления на входе во всасывающее отверстие. Моделирование нестационарных течений при помощи кольцевых вихревых особенностей позволяет исследовать вихревые течения в застойных областях и определять пуль-

формулы расчета:

формуле (7) поменять *y* на *z* получим линии тока в плоскости *XOZ*.

Отрывную поверхность тока в правой системе координат *XYZ* (рис. 4, *a*) можно определить из следующих уравнений:

сации скорости. Использование вихревых многоугольников дает дополнительную возможность исследования пространственных течений в областях с приточными и вытяжными каналами, выявлять закономерности взаимодействия приточных и вытяжных струйных течений.

В рамках идеологии метода дискретных вихрей в нестационарной квазиосесимметричной постановке построена математическая модель отрывного течения на входе в квадратный всасывающий патрубок и ее программно-алгоритмическая реализация. Определены поле скоростей на входе во всасывающий канал и линия отрыва потока. Предложены аналитические формулы для определения поверхности отрыва.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-41-08005р_офи_м)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посохин В.Н., Катков М.В. Экспериментальное изучение вихревых зон в потоках вблизи всасывающих щелевых отверстий // Известия вузов. Авиационная техника. 2001. №1. С. 61–63.
2. Логачев К.И., Пузанок А.И., Селиванова Е.В. Численный расчет течения вблизи экранированного отсоса-раструба // Известия выс-

ших учебных заведений. Строительство. 2005. №6. С. 53–58.

3. Посохин В.Н., Салимов Н.Б., Логачев К.И., Живов А.М. К расчету течения вблизи щелевидного отсоса-раструба // Известия вузов. Строительство. 2002. Сообщение 1. №8. С. 70-76;

4. Посохин В.Н., Салимов Н.Б., Логачев К.И., Живов А.М. К расчету течения вблизи щелевидного отсоса-раструба // Известия вузов. Строительство. 2002. Сообщение 2. №9. С. 80–85.

5. Посохин В.Н., Салимов Н.Б., Логачев К.И., Живов А.М. К расчету течения вблизи щелевидного отсоса-раструба // Известия вузов. Строительство. 2002. Сообщение 3. №10. С.81–85.

6. Логачев К.И., Пузанок А.И., Посохин В.Н. Расчет течений на входе в отсосы-раструбы методом дискретных вихрей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2004. №7–8. С. 61–69.

7. Логачев К.И., Посохин В.Н. Расчет течения вблизи круглого всасывающего патрубка // Изв. вузов. Авиационная техника. 2004. №1. С. 29–32.

8. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.

9. Белоцерковский С.М., Гиневский А.С. Моделирование турбулентных струй и следов на основе метода дискретных вихрей. М.:Физматлит, 1995. 368с.

10. Аверкова О.А. Экспериментальное исследование отрывных течений на входе во вса-

сывающие отверстия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 158–160.

11. Гоман О.Г., Карплюк В.И., Ништ М.И. и др. Численное моделирование осесимметричных отрывных течений несжимаемой жидкости. М.: Машиностроение, 1993. 288 с.

12. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Отрывные течения в спектрах вытяжных каналов. Москва-Ижевск: ИКИ, 2012. 288с.

13. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Моделирование потенциальных течений с неизвестными границами на основе стационарных дискретных вихрей // Вычислительные методы и программирование. 2011. Т.12. №2. С. 213–219.

14. Сабельников В.А., Смирных Е.А. Численный расчет турбулентного течения на начальном участке плоского канала с острыми кромками методом дискретных вихрей // Ученые записки ЦАГИ. 1985. Т.ХVI. С. 59–64.

15. Логачев К.И., Посохин В.Н., Пузанок А.И. Геометрические характеристики течений на входе в отсосы, выполненные в виде зонтов // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. № 1(17). 2005. С. 12–14.

16. Alden J.L., Kane J.M. Design of Industrial Ventilation Systems. N.Y. Industrial Press, 1982. 280 p.

17. Аверкова О.А., Логачев А.К., Логачев И.Н., Логачев К.И. Закономерности отрывного течения при входе в выступающий канал с экранами // Ученые записки ЦАГИ. 2013. Т.44 №2. С. 33–49.

Khodakov I.V.

MODELING OF DETACHED FLOW AT THE ENTRY POLYGONAL SUCTION HOLE

The results of mathematical modeling of axisymmetric and three-dimensional detached flow in the range of actions round and square exhaust ducts with using circular and polygonal discrete vortex features. Field of air speed in the suction flares and detached surface current are determined. Various approaches of using discrete curls for modeling flows near the suction channels.

Key words: modeling, detached flows, inlet duct, discrete curls.

Ходаков Илья Владимирович, ассистент кафедры высшей математики, аспирант.

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

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

E-mail: ivh89@bk.ru

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИНТЕЛЛЕКТ ЗДАНИЙ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Определен уровень интеллекта количеством и качеством информационных процессов, используемых при формировании функциональных систем после построения всех конструктивных элементов зданий.

Ключевые слова: интеллект здания, функциональная система, информационный процесс, системоквант, объект-система, уровень интеллекта, дерево целей.

Введение. Одновременно с возведением конструктивных элементов зданий и здания в целом со сдачей объектов в эксплуатацию (рис. 1) на основе информационных процессов осуществляется формирование функциональных систем и интеллекта зданий (рис. 2).

Основная часть. Информационные процессы составляют внутреннее наполнение системоквантов системной архитектуры образующих их

функциональных систем, включающие установленные П.К. Анохиным [3, 4] стадии афферентного синтеза, принятия решения, предвидения и оценки потребных результатов их деятельности, прямой и обратной афферентации.

Используя выше изложенное, построим дерево целей формирования интеллекта здания на основе взаимодействия функциональных систем и информационных процессов (рис. 2).

Цель – сдача объекта

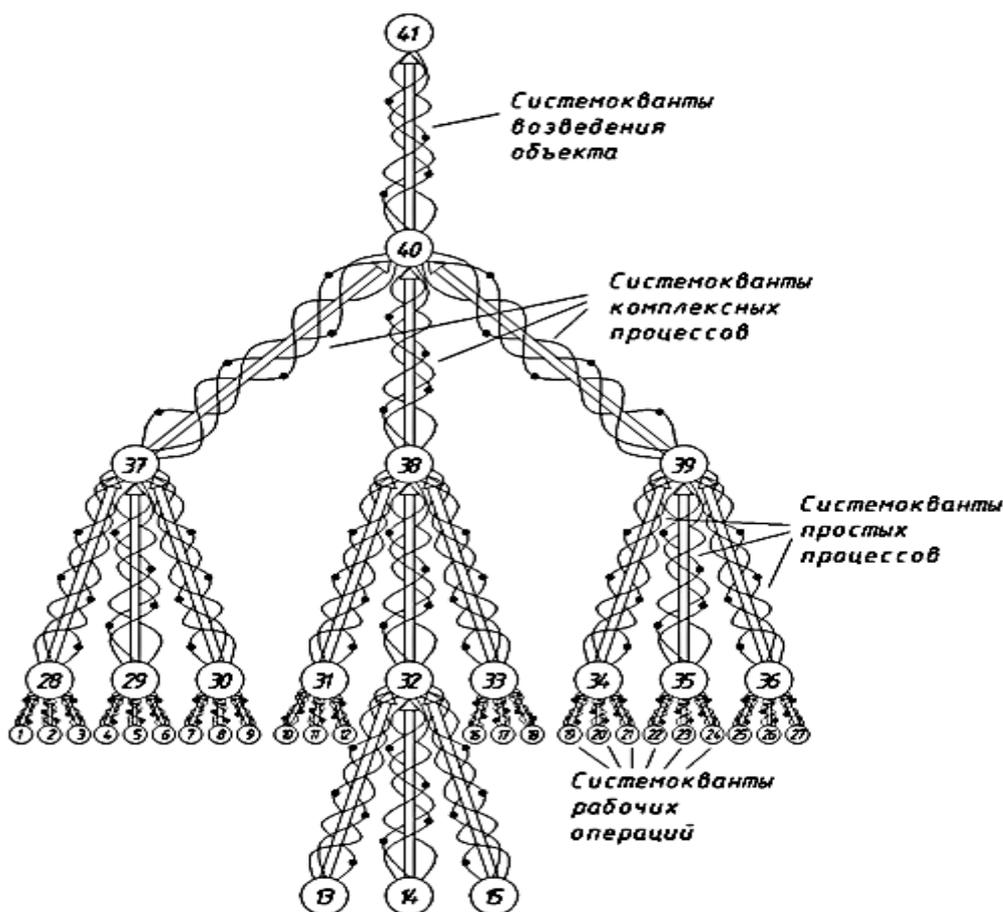


Рис. 1. Иерархическая структура (дерево целей) формирования системоквантов строительных процессов и объектов: \longrightarrow – информационные векторы системоквантов, направленные на достижение цели (получение результата); \sim – логистические цепочки системоквантов, обвивающие информационные векторы по восходящим спиральям

Интеллект здания

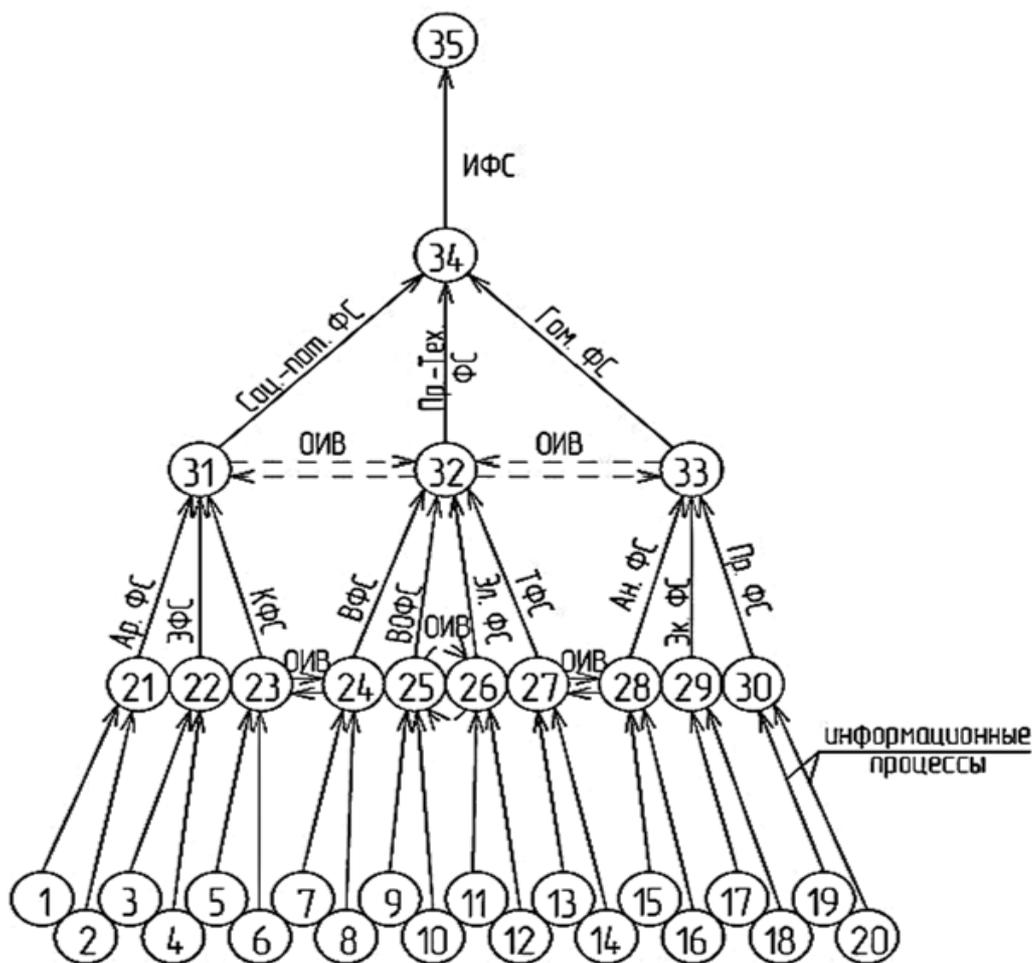


Рис. 2. Дерево целей формирования интеллекта здания: 1–21, ..., 20–30 – информационные процессы; 21–31, 22–31, 23–31 – архитектурная (Ар), экономическая (Э), конструкционная (К) функциональные системы (ФС); 24–32, 25–32, 26–32, 27–32 – водообеспечения (В), водоотведения (ВО), электротехническая (Эл), теплотехническая (Т) функциональные системы (ФС); 28–33, 29–33, 30–33 – антропологическая (Ан), экологическая (Эк), прочностная (Пр) функциональные системы (ФС); 31–34, 32–34, 33–34, 34–35 – социально-потребительская (Соц.-пот.), производственно-технологическая (Пр.-тех.), гомеостатная (Гом), интеллектуальная (И) функциональные системы (ФС); 23–24, 24–23, 25–26, 26–25, 27–28, 28–27, 31–32, 32–31, 32–33, 33–32 – организационно-информационные взаимосвязи (ОИВ) между функциональными системами и информационными процессами

По определению А.А. Гусакова [2] «системы функциональные строительных объектов-системы, сформированные для достижения заданного полезного результата (целевой функции) и включающие в свою структуру подсистемы: инженерно-технические (конструкции зданий, инженерное обеспечение, технологическое оборудование и др.), человеко-машинные (коллективы людей и отдельных исполнителей, использующих машины), организационно-технологические (организационные структуры, новые технологии и методы), социально-экономические (экономические и социальные взаимоотношения), а также организационно-информационные взаимосвязи между всеми указанными подсистемами».

Состав и структура функциональных строительных систем формируются в процессе проектирования и подлежат сборке в период строительства в единый функционирующий строительный объект [1, 2, 5].

Методология. Для современных строительных объектов можно привести следующий примерный состав функциональных систем: антропотехническая, архитектурная, водообеспечения, водоотведения, воздухотехническая, гомеостатная, конструкторская, ликвидационная, переустроительная (реконструкторская), производственно-технологическая, прочностная, социально-потребительская, строительномонтажная, теплотехническая, электротехническая, эксплуатационная [2, 5].

Выводы. После построения всех конструктивных элементов зданий и сборке всех функциональных систем в интегральную систему (систему систем) – единый функционирующий строительный объект, вступает в действие интеллектуальная функциональная система.

Уровень интеллекта (УИ) определяется количеством и качеством информационных процессов (ип), используемых при формировании функциональных систем. (1)

$$\text{УИ} = \sum_{i=1}^n \text{ип}_1 + \text{ип}_2 + \text{ип}_3 + \dots + \text{ип}_n \quad (1)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков А.А., Лебедев В.М. Системокванты технологических процессов строитель-

ства объектов. // Вестник МГСУ. 2011. №1. С. 281-286.

2. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь / Под редакцией А.А. Гусакова. М.: Изд-во АСВ, 2004. 320 с.

3. Анохин П.К. Избранные труды: кибернетика функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова / Сост. В.А. Макаров. М.: Медицина, 1998. 400 с.

4. Анохин П.К. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 400 с.

5. Лебедев В.М. Системотехника строительства и формирования функциональных систем зданий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 165 с.

Lebedev V.M.

INFORMATION PROCESSES AND INTELLIGENCE BUILDINGS

Intelligence level is defined by the number and quality of the information processes that are used in formation of functional systems after construction of all building components.

Key words: *building intelligence, functional system, information process, quantum system, object system, intelligence level, goals tree.*

Лебедев Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

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

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

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

Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,
Ковалева И.А., аспирант,
Новиков К.Ю., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ БЕТОНОВ С ТЕХНОГЕННЫМ СЫРЬЕМ

vk.goro@yandex.ru

Прикрепление профессионализма зодчего к проектированию изменило онтологию архитектуры: с XV-го века её язык становится изображением, «склеенным» с формами строительного объекта. Дальнейшее развитие языка видоизменяет онтологические модели, абстрагированные от построечных форм зданий (категория «стиль» в эпоху модерна и категория «пространство» в современной архитектуре).

Ключевые слова: композитная форма, зодчество, графический язык.

В настоящее время деятельность многих специалистов направлена на получение и применение высокопрочных бетонов. В ближайшем будущем планируется замещение обычных бетонов многокомпонентными высокопрочными бетонами. При получении таких бетонов актуальной проблемой является нахождение способов снижения расхода исходных материалов и стоимости проведения технологических работ, а так же эффективное применение промышленных отходов. Применение техногенных продуктов не только экономично, но так же позволяет улучшить эксплуатационные характеристики бетона. Таким образом, приоритетной задачей становится совершенствование состава и свойств порошковых бетонов, которые зависят от свойств компонентов бетонной смеси и водосодержания.

Ключевые слова: высокопрочные бетоны, порошковые бетоны, техногенное сырье.

Введение. Изучение высокопрочных порошковых бетонов, отличающихся от обычного повышенным содержанием цементного камня, меньшей крупностью зерен, многокомпонентностью состава, повышенной удельной поверхностью заполнителя, активно проводится с конца прошлого века. Начиная с 70-х годов, многие исследователи посвятили свои работы исследованию возможности использования для модификации бетона неорганических материалов, содержащих аморфный кремнезем. В этом отношении исследовали эффективность применения измельченных шлаков, золы-унос и других порошковых и пылевидных агрегатов, имеющих высокое содержание аморфного кремнезема [1].

Методология. Любое сырье перед применением в технологическом процессе проходит предварительную подготовку, либо селективный отбор, либо корректировку. Проблема селективного отбора и утилизации промышленных отходов имеет всеобщее значение. Ежегодно во всем мире и в нашей стране многотонные отходы

твердых, жидких и газообразных веществ поступают в атмосферу и земную кору, нанося непоправимый ущерб природе. На пути к промышленной продукции сырье что-то теряет, часть его превращается в отходы. Подсчитано, что на современном уровне развития технологии до 10 % исходного сырья в конечном итоге уходит в отходы. Например, при добыче угля ежегодно на поверхность земли из недр поднимают около 1 млрд. м³ пустой породы и складывают в бесполезные пирамиды – терриконы. При этом впустую растрачиваются не только тысячи гектаров зачастую плодородных земель. Загрязняется атмосфера, терриконы «горят», ветер поднимает с их бесплодных склонов тучи пыли, небо застилает дым сотен тысяч труб от заводов, вода отравляется промышленными стоками, вырубается миллионы деревьев [2].

Если проанализировать итоги развития российской экономики в последние годы, то становится очевидным, что механизм нерационального ресурсопотребления не только не остановлен, но и увеличил обороты, поскольку спад в выпуске продукции опережает сокращение потребления сырья и материалов. Вместе с тем прогресс науки и техники позволяет все более рационально использовать материальные ресурсы. Одним из важнейших направлений ресурсосберегающей деятельности является эффективное использование отходов производства. Среди различных факторов, определяющих их рациональное применение, важную роль играют организационные, в том числе система управления ресурсопотреблением, которой, к сожалению, лишь на немногих заводах уделяется внимание.

Проблема утилизации строительных отходов остро стоит во всем цивилизованном мире. По данным международной организации RILEM, в странах ЕС, США и Японии к 2000 г. ежегодный объем только бетонного лома должен

составить более 360 млн. т. Начиная с 70-х годов во многих странах ведутся широкомасштабные исследования в области переработки бетонных и железобетонных отходов, изучения технико-экономических, социальных и экологических аспектов использования получаемых вторичных продуктов. По сведениям из иностранных источников энергозатраты при добыче природного щебня в 8 раз выше, чем при получении щебня из бетона, а себестоимость бетона, приготавливаемого на вторичном щебне, снижается на 25 %.

В строительной индустрии накоплен значительный положительный опыт использования вторичных продуктов в производстве вяжущих материалов, заполнителей для бетонов разных видов, керамических, автоклавных, теплоизоляционных и других строительных материалов и изделий. В то же время, отходы строительного производства представляют собой вторичное сырье, использование которого после переработки на вторичный щебень и песчано-гравийную смесь может снизить затраты на новое строительство объектов в городе и одновременно позволяет уменьшить нагрузку на городские полигоны, исключить образование несанкционированных свалок.

Существует множество способов управления формированием структуры материалов, что влечет за собой изменение свойств. Воздействие на материал должно быть эффективным и экономным и базироваться на научно обоснованных методах и рекомендациях. Получение изделий с высокими строительно-техническими характеристиками путем регулирования процессов структурообразования, является актуальной научной проблемой.

Для повышения эффективности порошкового бетона существенное значение имеет наиболее полное использование возможностей вяжущих веществ, создание оптимальной структуры искусственного камня в бетоне. Именно такой цели отвечают высокоактивные композиционные вяжущие. Композиционными вяжущими являются продукты механохимической активации в определенных условиях обычного портландцемента или вяжущего другого вида совместно с добавками-модификаторами, имеющими в своем составе компонент или компоненты, обеспечивающие водоредуцирующий эффект.

Высокопрочные модифицированные бетоны – это новый технический уровень стройиндустрии, иногда достигавшийся и у нас, но теперь настоятельно требующий широкого рассмотрения. В зарубежной технической литературе, широко освещается применение таких бе-

тонов в современном строительстве: покрытия дорог, автострад; строительство мостов, тоннелей, высотных зданий, морских нефтяных платформ и др. [3–5].

Порошковый бетон представляет собой продукт механической и химической активности в регламентируемых условиях портландцемента или другого вяжущего с минеральными добавками и химическими модификаторами, содержащими снижающее В/Ц отношение. Основная область применения – ответственные конструкции жилого и промышленного назначения, предполагает решение целого комплекса проблем, связанных с производством заполнителей, вяжущих веществ, химических добавок. Развитие науки показывает, что в ближайшем будущем будет происходить постепенное замещение обычных бетонов многокомпонентными высокопрочными бетонами. Такие бетоны должны отвечать высоким требованиям по прочности, износостойкости, морозостойкости, коррозионной стойкости, истиранию, водопоглощению и др., а также иметь высокую плотность и прочность при малом объеме материала.

Порошковые бетоны содержат природный кварцевый песок, как заполнитель, в то время как вяжущее состоит из цемента, тонкомолотых каменных материалов, тонких фракций песка из отсевов, микрокремнезема, и обязательно органических добавок – суперпластификаторов и гиперпластификаторов. Все шире практикуется применение фибро- и тканearмирования, включая объемные тканые каркасы из стальных или полимерных нитей диаметром 10-30 мкм. В то же время в обычные щебеночные бетоны общего назначения вводят каменную муку из вскрышных и попутноизвлекаемых горных пород. Поэтому карьеры в перспективе могут оснащаться мощностями для производства каменной муки [6, 7].

Основная часть. Актуальной научной проблемой является экономное и эффективное применение минеральных компонентов, необходимых для создания композитов и изделий с требуемыми свойствами путем регулирования образования структуры. Наиболее полное использование возможностей вяжущего, создание оптимальной заданной структуры и требуемых свойств искусственного камня – все это необходимо для улучшения (повышения) эффективности порошкового бетона, в том числе и для декоративных целей [8–10].

С целью получения такого вида вяжущих был проведен ряд испытаний по следующей методике: разрабатывали вяжущие композиции с оптимальным соотношением гидравлического вяжущего (портландцемент или глиноземистый

цемент) и минерального техногенного – более сложного, состоящего из нескольких компонентов (мрамор, кварц, цемянка (отходы керамического производства) и микрокремнезем). Далее все компоненты подлежали домолеку до необходимой удельной поверхности $550 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Получение высокопрочных порошковых бетонов нового поколения в данное время сопряжено с применением сложных составов и компонентов с целью получения высококачественных бетонов различного функционального назначения. И выбора оптимального научного решения по утилизации отходов горнорудного производства. Для этого необходимо иметь сведения о характеристике объекта, как сырьевого ресурса (происхождении сырья, состава, наличии) и предполагаемых направлений использования. При этом технологические параметры приготовления бетона и изготовления изделий из него должны соответствовать основным технологическим принципам, установленным на основе анализа производственного опыта предприятий строительной отрасли, а так же использование результатов научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций.

Исследования высокопрочных бетонов показали высокую реакционно-химическую способность тонкомолотых известняков и дегидратированной глины, которые смешивали в количествах, определенных расчетом при изготовлении высокопрочных порошковых бетонов [11–12].

В ближайшем будущем будет расти тенденция к широкому применению высокопрочного порошкового бетона, отличие которого от обычного, заключается в повышенном содержании цементного камня, меньшей крупности зерен, повышенной удельной поверхности заполнителя. Отсюда большая зависимость прочности порошкового бетона от свойств заполнителя.

Формирование структуры бетона – сложный физико-химический процесс, развивающийся во времени. Кинетика структурообразования и превращение бетонной смеси в искусственный конгломерат определяется многими технологическими и физическими факторами. Поэтому прогнозирование параметров конечного состояния бетона, когда в основном завершены процессы структурообразования, всегда представляет собой сложную задачу. В зависимости от технологических и физических факторов изменяется не только кинетика процесса структурообразования, но и конечный результат этого процесса – параметры структуры и физико-механические свойства бетона. Поэтому решение проблемы получения бетона с заданными высокими физико-механическими свойствами

связано, прежде всего, с созданием таких условий, когда процессом структурообразования можно эффективно управлять. В этом состоит главная цель технологии, и для ее достижения необходимо глубоко проникнуть в сущность явлений, происходящих в твердеющем бетоне, установить их роль и значение в формировании структуры бетона, как на микро, так и на макроуровне.

Установлено, что решающее влияние на свойства порошкового бетона оказывает количество и качество вяжущего в нем, а так же качество заполнителя и наполнителя (крупность зерен, гранулометрический состав, качество поверхности, пустотность, прочность).

Расход цемента, его вид и минералогический состав, водоцементное отношение, применение химических добавок – важные технологические факторы, влияющие на процесс структурообразования. Влияние химических добавок, вводимых в состав бетонной смеси, распространяется на все стадии технологической обработки бетонной смеси и структурообразование твердеющего бетона.

В качестве компонентов формовочной бетонной смеси использовали: заполнитель – гранитный щебень фракции 0,315–1,25 мм. В обычных бетонах прочность щебня должна превосходить прочность бетона не менее чем в 2 раза, а в высокопрочных же она должна быть, по крайней мере, не ниже прочности бетона. Прочность используемого щебня при дробимости в цилиндре составила 100 МПа. Песок применяли обычный кварцевый с $M_k = 1,83$. Применялся также микрокремнезем, как компонент композиционного вяжущего, а также высокоалюминатный глиноземистый цемент и тонкоизмельченные отходы горнорудного производства. В качестве суперпластификатора применяли органическую добавку Melflux 2651.

Испытания проводили на опытных образцах размером $40 \times 40 \times 40$ мм, полученных уплотнением формовочной бетонной смеси осадкой конуса 14 см на лабораторной виброплощадке. Образцы выдерживали 28 суток в нормальных условиях ($t = 18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$, $W = 100 \%$). Испытания прочностных характеристик проводили на гидравлическом прессе, развивающем максимальную нагрузку 10 т.

Максимальные реологические и водоредуцирующие эффекты, обусловленные адсорбцией суперпластификатора на поверхности твердой фазы, генетически свойственные тонкодисперсным системам с высокой поверхностью раздела.

Результаты испытания бетонной смеси и высокопрочного бетона представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав и свойства мелкозернистого бетона

Цемент, кг/м ³	Комплексная добавка из техногенных продуктов, кг/м ³	Гранитный заполнитель, кг/м ³	Кварцевый песок, кг/м ³	Суперпластификатор, Melflux 2651, кг/м ³	Вода, л/м ³	В/Ц	Предел прочности при сжатии R _{сж} , МПа	Призмная прочность R _{пр} , МПа	Предел прочности при изгибе, R _{изг} , МПа		
700	–	1850	340	–	320	0,46	41,4	26,4	12,1		
				6,25						250	0,36
				6,25	245	0,35	40,6	21,2	11,9		
	86	1840	340	–											153	0,45	44,1	22,5	10,8
	80	1400	330	–	190	0,38	49,2	28,5	12,2		
	82	1380	320	6,00	216	0,36	53,6	42,2	13,4		
	84	1340	310	6,52	221	0,34	65,0	51,4	14,1		
	85	1280	300	6,64	224	0,32	71,2	57,2	16,0		
86	1240	295	6,40								

Установлено, что образцы порошкового бетона за счет плотной упаковки входящих в него частиц и полноте протекающих реакций имеет предел прочности при сжатии выше 70 МПа. Применение композиционной добавки к вяжущему из техногенных продуктов, позволило не только сократить расход клинкера, но и улучшить эксплуатационные характеристики бетона. Так, при расходе цемента 700 кг/м³ (экономия цемента 100 кг/м³) получена прочность при сжатии 71,2 МПа, т.е. на 7,5 % выше, чем при использовании цемента без добавки и на 44,8 % выше, чем без добавки и суперпластификатора.

Оптимальный состав мелкозернистого бетона получен на заполнителе с высокоплотной упаковкой при расходе вяжущего 700 кг/м³,

комплексной добавки – 86 кг/м³. Точный расход материалов на 1 м³ высокопрочного состава является предметом НОУ-ХАУ.

В данном эксперименте прочность бетона в возрасте 14 суток составила 85 % от прочности в возрасте 28 суток, т.е. скорость набора прочности образцами была значительно выше, чем обычного бетона в нормальных условиях. Характер разрушения бетона позволяет сделать вывод о том, что прочность цементной матрицы примерно такая же, как и прочность гранитного щебня – трещины проходят и по контактной зоне и по зернам щебня. Состав высокопрочного бетона и его строительно-технические характеристики представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Состав бетонной смеси высокопрочного бетона

Состав бетонной смеси, кг/м ³						Подвижность, ОК, см	В/Ц	Средняя плотность, ρ, кг/м ³
Цемент	Суперпластификатор, Melflux 2651, кг	Песок	Щебень	Отход пр-ва	Вода			
650	6,3	700	1000	84,0	182,0	18,0	0,26	2451
	6,5	720	1050	86,4	194,4	19,0	0,27	2467
	6,6	730	1070	87,6	200,8	19,5	0,275	2473

Таким образом, в исследованиях была расширена группа дисперсных наполнителей многокомпонентного вяжущего техногенного происхождения и предложено использовать вторичное сырье керамического производства. Указанные сырьевые ресурсы в результате предшествующего процесса обжига содержат в своем составе муллитоподобные алюмосиликаты кальция или их смесь с дисперсным кварцем, представляющие собой готовые центры кристаллизации при твердении цемента. Высоко-

прочный состав получали модифицированием комплексной органоминеральной добавкой, состоящей из суперпластификатора и тонкомолотого минерального компонента.

В результате проведенных работ получены новые данные по изучению и разработке составов и технологии применения высокопрочных композиций. Главной задачей, которая решалась в этом направлении, – нахождение способов снижения расхода исходных материалов и стоимости проведения технологических работ.

Таблица 3

Физико-технические свойства порошкового бетона

№ п/п	Наименование свойств	Показатели
1	Плотность, кг/м ³	2450
2	Пористость, %	4,5
3	Прочность при сжатии, МПа	75,3
4	Прочность при изгибе, МПа	15
5	Модуль упругости, МПа	46
6	Коэффициент Пуассона	0,25
7	Усадка, мм/м	0,27
8	Водопоглощение, %	1,9
9	Морозостойкость, F	300

Также изучали на пробных составах возможность введение летучей золы, бальтовой, известняковая и кварцевая муки и других компонентов. Полученная высокая прочность обеспечивается в этом случае наличием не только микрокремнезема или дегидратированной глины, но и реакционно-активного порошка из молотой горной породы. Получение высокопрочных порошковых бетонов на техногенном сырье вполне возможно со значительным технико-экономическим эффектом с учетом эффективности гидротермальной обработки и влияния составляющих на увеличение водовыделяющей (водоредуцирующей) способности формовочных смесей.

Выводы. Таким образом, в исследованиях была расширена группа дисперсных наполнителей многокомпонентного вяжущего техногенного происхождения и предложено использовать отходы керамического производства. Указанные отходы в результате предшествующего процесса обжига содержат в своем составе алюмосиликаты кальция или их смеси с дисперсным кварцем, представляющие собой готовые центры кристаллизации при твердении цемента. Высокопрочный состав получали модифицированием комплексной органоминеральной добавкой, состоящей из суперпластификатора и тонкомолотого минерального компонента.

В результате проведенных работ получены новые данные по изучению и разработке составов и технологии применения высокопрочных композиций. Главной задачей, которая решалась в этом направлении, – нахождение способов снижения расхода исходных материалов и стоимости проведения технологических работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: АСВ. 2007. 368 с.
2. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Учебно-справочное пособие, К.: Вища школа, 2007.
3. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten.// Leipziger Massivbauseminar, 2000, Bd. 10, S. 1-15.
4. Schmidt M. Bornemann R. Möglichkeiten und Grenzen von Hochfester Beton // Proc. 14, Ibausil, 2000, Bd. 1/ Pp. 1083-1091.
5. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. Scientific Division Bougies.// Cement and Concrete Research, Vol. 25. No. 7, 1995. Pp. 1501-1511.
6. Schmidt M., Bomeman R. Moglichkeiten und grenzen von Hoch- und Ultra – Hochfestem Beton // Proc. 124IBAUSJL. 200.Bd. 1, Pp. 1083–1091.
7. Grube P., Lemmer C., Rühl M. Vom Gussbeton zum Selbstverdichtenden //Beton. Pp. 243–249.
8. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органогенные высокопрочные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67-69.
9. Толстой А.Д. Штампованные высокопрочные порошковые декоративные бетоны // Научные технологии и инновации. Сборник докл. Юбилейной междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. Ч.3. Белгород, 2014, С. 334–338.
10. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С 51–53.
11. Tolstoi A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-Strength Decorative Complexes with Organo-Mineral Additives Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. September-October 2014 RJPBCS 5(5) Page No 1607.
12. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Присяжнюк А.П., Воронов В.В., Баженова О.Г., Якимович И.В., Саридис Я.В. Эффективные порошковые композиции на техногенном сырье // «Современные строительные материалы, технологии и конструкции». Материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Т. 1, Грозный, 2015, С. 406–411.

Tolstoi A.D., Kovaleva I.A., Novikov K.Yu.**PERFECTION COMPOSITION AND PROPERTIES POWDER CONCRETE WITH TECHNOLOGICAL RAW**

Currently, activities of many scientists focused on the preparation and use of high-strength concrete. In the near future planned replacement of conventional concrete on multi-component high-strength concrete. Upon receipt of such concretes urgent problem is to find ways to reduce the consumption of raw materials and the cost of engineering works, as well as effective use of industrial wastes. Application technological products not only economical but also improve the performance of concrete. Thus, the priority becomes the improvement of composition and properties the powder concrete, which depend on the properties of the components of the concrete mix and the water content.

Key words: *high-strength concrete, powder concrete, technogenic raw materials.*

Толстой Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

E-mail: Tad56@mail.ru

Ковалева Ирина Александровна, аспирант, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

E-mail: airyshka@yandex.ru

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

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

E-mail: kot_veuder@mail.ru

*Шошин Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Поляков А.В., канд. техн. наук, доц.
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
Буров А.М., вед. инж.
Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, г. Саратов*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ НАНОСТРУКТУРЫ C-S-H-ФАЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В ПРОЦЕССЕ ДЕКАЛЬЦИНАЦИИ

Shoshin234@mail.ru

Методами РФА и ПЭМ исследованы изменения наноструктуры C-S-H-фаз модифицированного цементного камня в процессе декальцинации цементной системы. Обнаружено, что характер адсорбционных взаимодействий OH-содержащих органических соединений с гелевыми фазами влияет как на фазовый состав продуктов разрушения гелевых фаз, так и характер изменений структуры C-S-H-фаз.

Ключевые слова: модифицированный цементный камень, сахараза, поливиниловый спирт, наноструктура C-S-H-фазы, декальцинация, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия.

Вопросам изучения структуры и свойств цементного геля (C-S-H(I)-фазы) посвящено большое количество работ. Среди наиболее цитируемых работ можно отметить [1–6 и др.], где методами ЯМР, ИК-спектроскопии исследовалась структура цементного геля. На основании, в частности, и этих данных сформировалась модель, представляющая наноструктуру цементного геля как систему слоев гидроокиси кальция,

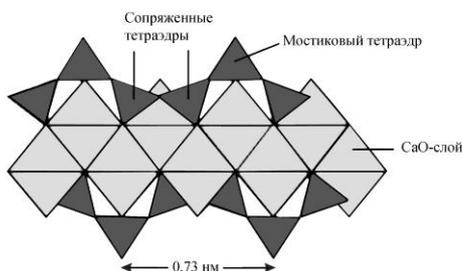


Рис. 1. Структура элементарного слоя C-S-H-геля.

Исследования, проведенные авторами [9, 10], показали, что между силикатными фрагментами могут адсорбироваться органические агенты по схеме (рис. 3). Иными словами, в наноструктуре цементного геля присутствуют участки поверхности, сильно дифференцированные по химической/адсорбционной активности. Присутствующие в системе органические вещества могут участвовать в специфической адсорбции, меняя свойства поверхности и наноструктуры CSH-геля в целом.

Для исследования влияния адсорбированных органических агентов на структурную изменчивость C-S-H-фазы была выбрана реакция декальцинации, хорошо изученная на примере карбонизации цементного камня и синтетического тоберморита CO_2 воздуха [11, 12].

на поверхностях которых расположены кремнекислородные тетраэдрические структуры различной степени полимеризации. Эти силикатные структуры носят островной характер и состоят из двух типов кремнекислородных тетраэдров – сопряженных и мостиковых (рис. 1) [1, 7, 8], что, в общем виде, соответствует дефектной структуре тоберморита (рис. 2).

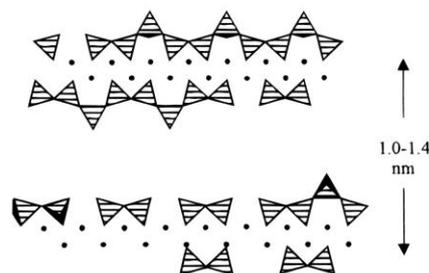


Рис. 2. Характерные структурные дефекты тоберморита

Согласно указанным исследованиям, процесс декальцинации начинается с разрушения сопряженных кремнекислородных тетраэдров [11], а по мере развития реакции происходит декальцинация кремнекислородных фрагментов с большей длиной цепи до полного удаления межслоевых ионов Ca^{2+} , входящих в состав дефектных фрагментов силикатных цепочек [12]. По мере удаления кальция из структуры C-S-H-фазы Ca/Si-отношение снижается вплоть до 0,67 – в этом случае ионы кальция присутствуют в основных слоях, зажатых между бесконечными цепочками силикатных тетраэдров. Полная декальцинация C-S-H-структуры сопровождается ее распадом с образованием карбоната кальция и гидратированной аморфной кремнеземистой фазы. По мере развития про-

цесса декальцинации в составе последней фиксируются сначала $(\text{SiO}-)_3\text{Si}-\text{OH}$, и/или $(\text{SiO}-)_3\text{Si}-\frac{1}{2}\text{Ca}$ фрагменты, а затем полностью сконденсированные $(\text{SiO}-)_4\text{Si}$ фрагменты. Учи-

тывая описанный выше механизм декальцинации, представляло интерес изучить влияние органических веществ, способных к специфической адсорбции, на процессы декальцинации.

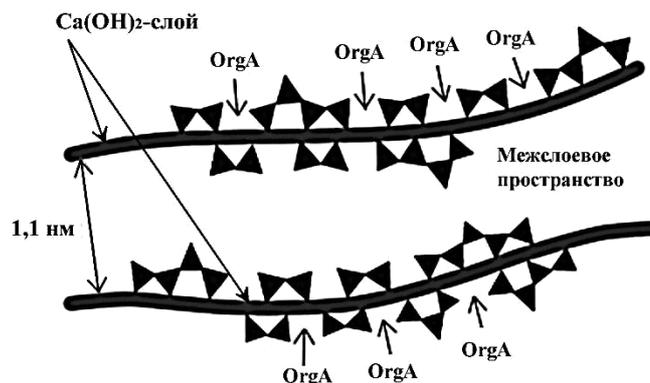


Рис. 3. Схема адсорбции органических агентов (OrgA) на поверхности CSH-геля

Реакция карбонизации исследовалась на образцах цементного камня, модифицированного сахарозой (2 %) и поливиниловым спиртом (ПВС) (0,1 % от массы вяжущего). Такой выбор органических агентов объясняется, с одной стороны, присутствием в молекулах обоих веществ большого числа OH-групп, необходимых для образования водородных связей с поверхностями гидросиликатов (специфические взаимодействия), а с другой стороны, уникальной способностью сахарозы образовывать с силикатной поверхностью мультимолекулярные адсорбционные слои с высокой экранирующей способностью [13]. Последнее обуславливает значительное замедление процессов гидратации цемента, причем замедляющее действие наиболее сильно проявляется в отношении алитобелитовой фазы. Для компенсации замедляющего эффекта процесс гидратации модифицированного углеводами цемента был проведен в

условиях помола, позволяющего механически удалять адсорбционные оболочки. Для исключения эффектов стеснения, способных повлиять на морфологию гидратных новообразований, помол проводился при высоком В/Ц=4,0.

Для приготовления суспензий использовалась дистиллированная вода и цемент ЦЕМ II/В-Ш 32,5 Н ОАО «Вольскцемент»; измельчение проводилось в планетарной мельнице МП/0,5×4 при частоте вращения стакана 280–300 об/мин в течение 2 часов.

Морфология наночастиц контролировалась с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) CarlZeiss Libra 120. Подготовка образцов для ПЭМ проводилась по схеме, включающей обработку модифицированной силикатной суспензии в ультразвуковом дезинтеграторе (УЗУМИ-05, Трима, Россия) в течение 60 с. Твердая фаза полученной суспензии отделялась и наносилась на полимерную подложку.

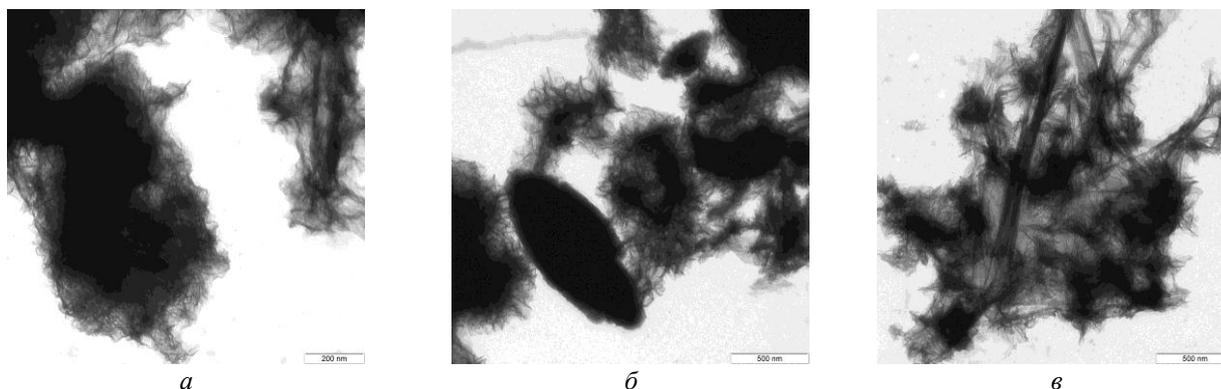
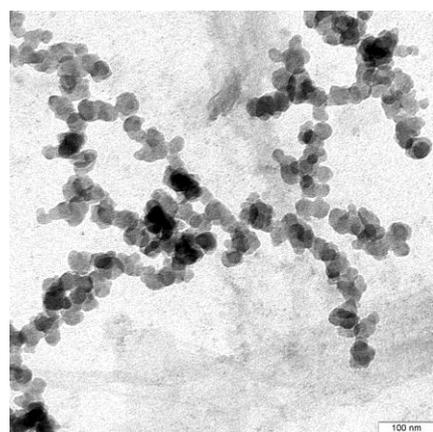


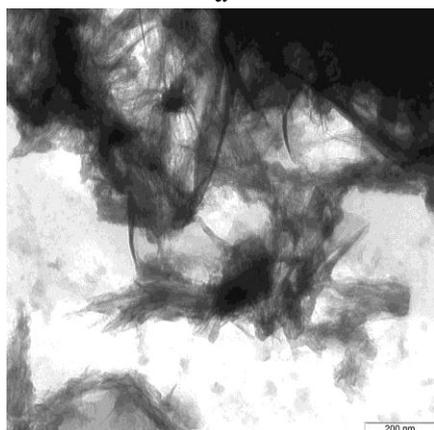
Рис. 4. Структура продуктов гидратации цемента в условиях помола в воде (В/Ц=4,0)

Микроскопическое исследование проводилось в центре коллективного пользования научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии

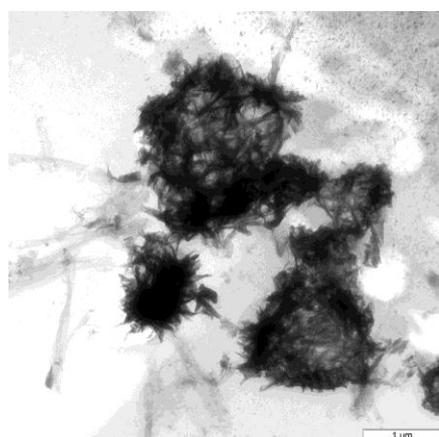
«Симбиоз» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук (ИБФРМ РАН).



а



б

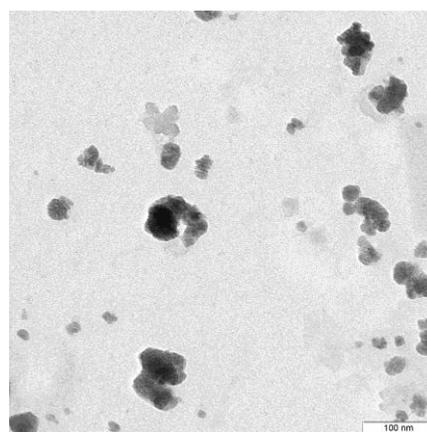


в

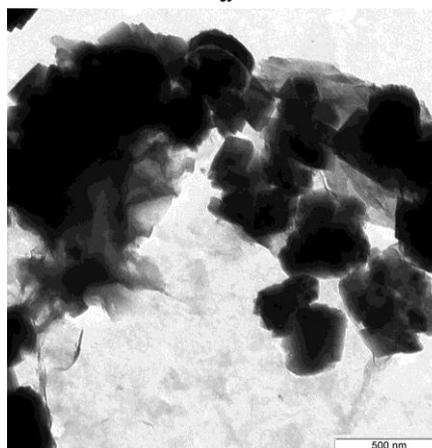
Рис. 5. Структура продуктов гидратации цемента, в условиях помола в растворе ПВС (В/Ц=4,0)

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

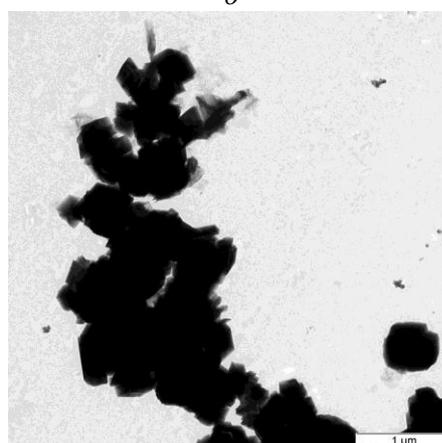
Декальцинация полученных модифицированных цементных суспензий проводилась путем обработки последних раствором Na_2CO_3 в течение 24 часов. Концентрация Na_2CO_3 выбиралась на основании данных титриметрического



а



б



в

Рис. 6. Структура продуктов декальцинации цементной суспензии, модифицированной ПВС

анализа образцов цементных суспензий на содержание Ca^{2+} и составила 25 % от массы исходного вяжущего.

Обработанные карбонатом натрия суспензии промывались дистиллированной водой до полного удаления Na_2CO_3 , и затем обезвоживались путем промывки ацетоном.

Анализ микроснимков показывает, что присутствие в водной фазе ПВС незначительно влияет на характер продуктов гидратации: как в контрольном, так и в модифицированном образцах (рис. 4, 5) формируется войлочная структура цементного геля, в модифицированном образце

отмечается также присутствие рыхлых агрегатов из кремнеземистых наночастиц, характерных для цементных систем с более низким В/Ц (рис. 5, а) [14]. Обработка ПВС-модифицированного образца карбонатом натрия привела к разрушению войлочной структуры С–S–Н-фазы ПВС-модифицированного образца и образованию скоплений частиц кальцита микронного размера (рис. 6 б, в), а также большого числа изолированных наночастиц силикатов с диаметром частиц в диапазоне 10–100 нм (рис. 6, а). На дифрактограммах немодифицированного образца (рис. 7) видно, что декальцинация цементного камня сопровождается резким увеличением содержания кальцита и образованием кварца – продукта глубокой декальцинации С–S–Н-фазы, что полностью соответствует результатам исследований [11,12], описанных выше. При этом присутствие гидроалюминатов и гидроферритов кальция в системе сохраняется (рис. 7, б). В то же время, декальцинация ПВС-

модифицированной суспензии не приводит к образованию кварца и, одновременно, сопровождается исчезновением алюминатных и ферритных фаз, отмеченных выше (рис. 8, б). Такое поведение ПВС-модифицированной системы может быть объяснено интеркаляцией ПВС в межслоевое пространство С–S–Н-фаз, характерной для таких полимеров, как поливинилацетат [15], поликарбоксилаты [16]. Разрыхление в результате интеркаляции полимера межслоевого пространства, по-видимому, облегчает выщелачивание не только кальция из структуры С–S–Н-фаз, но и алюминия, который в отсутствие органических агентов прочно ассоциируется с силикатным каркасом [12]. В результате наблюдается глубокая деструкция ПВС-модифицированного образца с образованием аморфных силикатных наночастиц, компактизации которых препятствует присутствующий в системе ПВС.

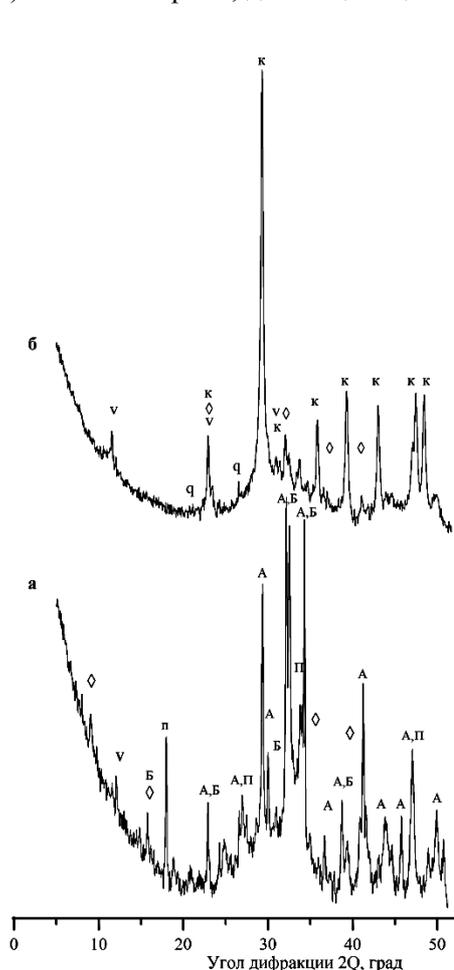


Рис. 7. Дифрактограммы немодифицированных образцов.

а – суспензия цемент/вода;

б – суспензия цемент/вода, обработанная Na_2CO_3 .

к – кальцит [3-386]; v – $\text{Ca}_6\text{Al}_2\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ [2-77]; п – портландит [4-733]; q – кварц [5-490];

◇ – $\text{Ca}_6\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 25-27\text{H}_2\text{O}$ [19-223]; А – алит [11-593], Б – γ -белит [31-297].

Приводятся ссылки каталога [17].

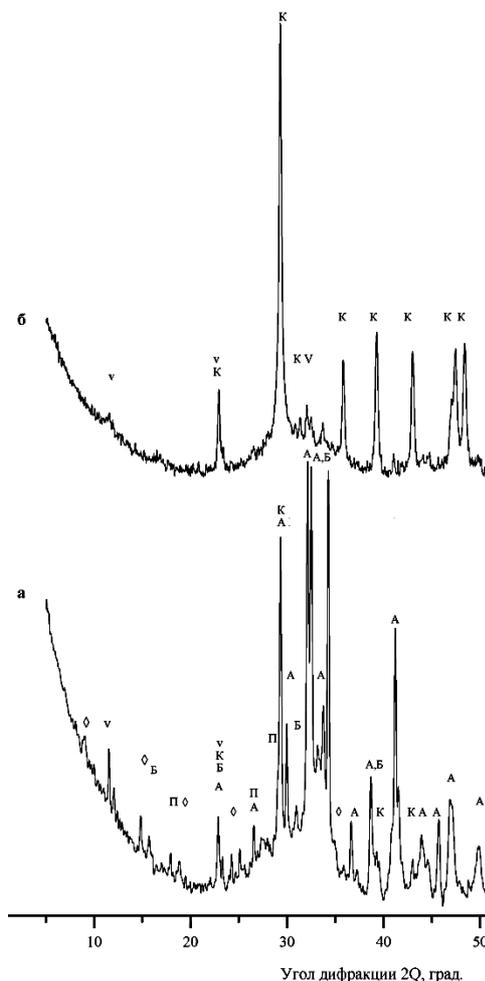


Рис. 8. Дифрактограммы модифицированных образцов.

а – суспензия цемент/ПВС/вода;

б – суспензия цемент/ПВС/вода, обработанная Na_2CO_3

Процесс декальцинации образца, модифицированного сахарозой кардинально отличается от декальцинации ПВС-модифицированного образца. Обработка Na_2CO_3 модифицированной сахарозой суспензии приводит к значительно большему образованию кварца, чем в контрольном составе (рис. 9, б), и кроме того, сохраняется присутствие портландита. На ПЭМ-снимках

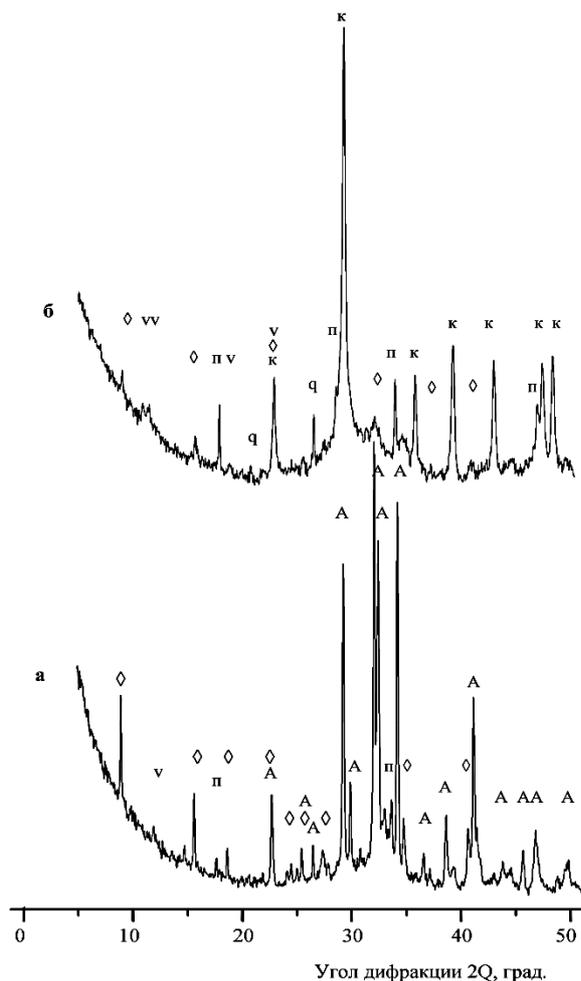


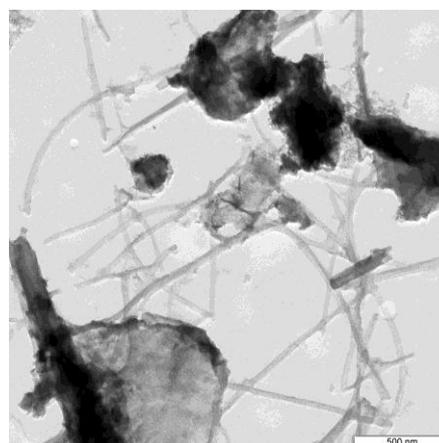
Рис. 9. Дифрактограммы модифицированных образцов.

а – суспензия цемент/сахароза/вода;
б – суспензия цемент/сахароза/вода,
обработанная Na_2CO_3 .

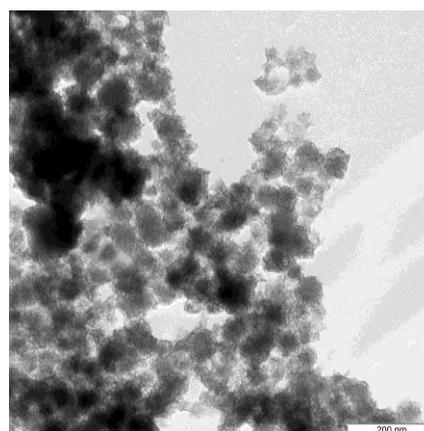
При этом рыхлые фрагменты с войлочной структурой в ходе обработки суспензии карбонатом натрия активно разрушаются – на снимке (рис. 11, б) отчетливо видно образование облака наночастиц диаметром до 10 нм вокруг разрушающихся нитей первичной гелевой структуры.

Таким образом, полученные данные вступают в кажущееся противоречие друг с другом: с одной стороны, в присутствии сахарозы декальцинация, по данным рентгенофазового анализа, усиливается (увеличивается содержание кварца в системе), а с другой стороны, присутствие портландита свидетельствует о замедлении процессов декальцинации. Данное противоречие объясняется адсорбцией сахарозы, приво-

дующей к дифференциации поверхностей цементного геля по химической активности. Известно, что присутствие сахарозы увеличивает электрокинетический потенциал силикатных наночастиц и провоцирует их коагуляцию и уплотнение [18, 19]. В результате в модифицированной цементной суспензии к окончанию процесса помола наравне с рыхлыми неуплотненными фрагментами С–S–Н-фазы (войлочная структура, рис. 10, а) присутствуют продукты ее компактизации (рис. 10, б). Уплотнение геля сопровождается снижением Ca/Si-отношения и ростом средней длины силикатных цепей, что, по видимому, и способствует селективному развитию плотных адсорбционных оболочек сахарозы



а



б

Рис. 10. Структура продуктов гидратации цемента, в условиях помола в растворе сахарозы (В/Ц=4,0).

дующей к дифференциации поверхностей цементного геля по химической активности. Известно, что присутствие сахарозы увеличивает электрокинетический потенциал силикатных наночастиц и провоцирует их коагуляцию и уплотнение [18, 19]. В результате в модифицированной цементной суспензии к окончанию процесса помола наравне с рыхлыми неуплотненными фрагментами С–S–Н-фазы (войлочная структура, рис. 10, а) присутствуют продукты ее компактизации (рис. 10, б). Уплотнение геля сопровождается снижением Ca/Si-отношения и ростом средней длины силикатных цепей, что, по видимому, и способствует селективному развитию плотных адсорбционных оболочек сахарозы

на продуктах компактизации геля. Последние, в результате, оказываются более защищенными к действию корродирующих агентов и декальцинация происходит по участкам СН-слоя, свободным от силикатных фрагментов. Выщелачивание Ca^{2+} снижает среднюю плотность продуктов компактизации геля, что и заметно на ПЭМ-снимках (рис. 11, а), но, в то же время, сохраняется защищенный адсорбционными слоями силикатных каркас. Рыхлые, неуплотненные гелевые фазы, обладают относительно короткими

силикатными цепями, которые не могут прочно фиксировать сахарозу в адсорбционных слоях, в результате чего она координируется с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, способствуя его вымыванию из гелевой структуры и карбонизации в растворе. Результатом описанных процессов является активное разрушение рыхлых гелевых структур с образованием большого числа крупных частиц кальцита и наночастиц силикатов при сохранении продуктов более глубокой компактизации цементного геля и портландита, входящего в их структуру.

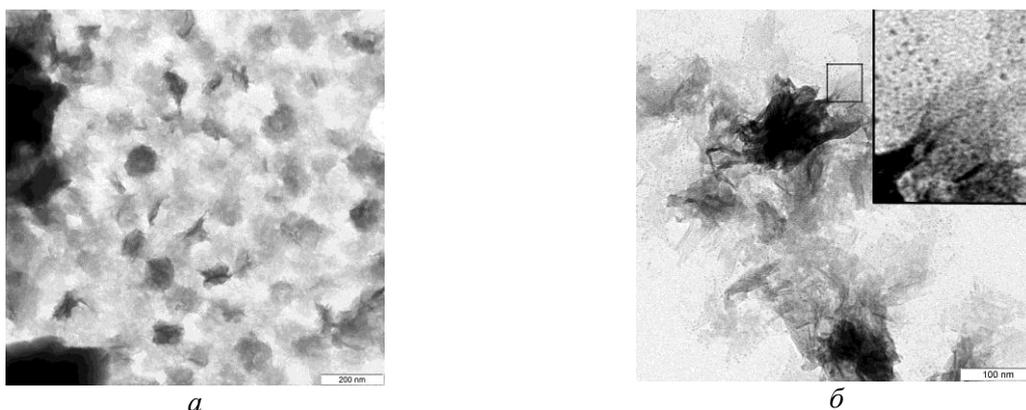


Рис. 11. Структура продуктов декальцинации цементной суспензии, модифицированной сахарозой

Таким образом, характер взаимодействия адсорбата с С–S–Н -фазой определяет не только устойчивость последней в условиях реакции декальцинации, но и характер продуктов коррозии. ПВС, интеркалируя в межслоевое пространство С–S–Н -фазы, не только снижает устойчивость последней, но и препятствует агрегированию и полимеризации силикатных наночастиц. Сахароза, напротив, адсорбируется на силикатных поверхностях и при определенных условиях способна эффективно противостоять коррозионному действию CO_3^{2-} -иона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Taylor H. Proposed structure for calcium silicate hydrate gel // *J. Am. Ceram. Soc.* 1986. v. 69 (6). Pp. 464–467.
2. Tennis P. D., Jennings H. M. A model for two types of calcium silicate hydrate in the microstructure of Portland cement pastes // *Cement and Concrete Research*. 2000. №30. Pp. 855–863.
3. Jennings H.M. A model for the microstructure of calcium silicate hydrate in cement paste // *Cement and Concrete Research*. 2000. №30. Pp. 101–116.
4. Chen J.J., Thomas J.J. Taylor. H.W., Jennings H. M. Solubility and structure of calcium silicate hydrate // *Cement and Concrete Research*. 2004. №34. Pp. 1499–1519.

5. Richardson I.G. The calcium silicate hydrates // *Cement and Concrete Research*. 2008. №38. Pp. 137–158.
6. Yu P., R. Kirkpatrick R.J., Poe B., McMillan P. F., Cong X. Structure of Calcium Silicate Hydrate (C-S-H): Near-, Mid-, and Far-Infrared Spectroscopy // *J. Am. Ceram. Soc.* 1999. v. 82 (3). Pp. 742–748.
7. Cong X., Kirkpatrick R.J. ^{29}Si and ^{17}O NMR investigation of the structure of some crystalline calcium silicate hydrates // *Advanced Cement Based Materials*. 1996. №3. Pp. 133–143.
8. Cong X., Kirkpatrick R.J. ^{29}Si MAS NMR study of the structure of calcium silicate hydrate // *Advanced Cement Based Materials*. 1996. №3. Pp. 144–156.
9. Beaudoin J.J., Patarachao B., Raki L., Alizadeh R. Adsorption of methylene blue as a descriptor of C–S–H nanostructure // *Cement & Concrete Composites*. 2011. №33. Pp. 246–250.
10. Beaudoin J. J., Patarachao B., Raki L., Alizadeh R. The Interaction of Methylene Blue Dye with Calcium–Silicate–Hydrate // *J. Am. Ceram. Soc.* 2009. v.92. (1). Pp. 204–208.
11. Ikeda Y., Yasuike Y., Kumagai M., Park Y.-Y., Harada M., Tomiyasu H., Takashima Y. ^{29}Si MAS NMR Study on Structural Change of Silicate Anions with Carbonation of Synthetic 11Å Tobermorite // *Journal of the Ceramic Society of Japan*. 1992. v.100. (9). Pp. 1098–1102.
12. Sevelsted T. F., Skibsted J. Carbonation of C–S–H and C–A–S–H samples studied by ^{13}C , ^{27}Al

and ^{29}Si MAS NMR spectroscopy // Cement and Concrete Research. 2015. №71. Pp. 56–65.

13. Smith B. J., Rawal A., Funkhouser G. P., Roberts L. R., Gupta V., Israelachvili J. N., Chmelka B. F. Origins of saccharide-dependent hydration at aluminate, silicate, and aluminosilicate surfaces // PNAS. 2011. Vol. 108. № 22. Pp. 8949–8954.

14. Шошин Е.А., Былинкина Н.Н. Углеводы как инструмент управления структурой нанофазы цементного камня // Вестник БГТУ им. Шухова. 2015. №5. С. 52–57.

15. Matsuyama H., Young J. F. Intercalation of Polymers in Calcium Silicate Hydrate: A New Synthetic Approach to Biocomposites? // Chem. Mater. 1999. №11. Pp. 16–19.

16. Plank J., Zhimin D., Keller H., Hössle F., Seidl W. Fundamental mechanisms for polycar-

boxylate intercalation into C3A hydrate phases and the role of sulfate present in cement // Cement and Concrete Research. 2010. V. 40. Pp. 45–57.

17. Powder Diffraction File, Inorganic, JCPDS-Swartwore, Pennsylvania, USA. 1987.

18. Шошин Е. А., Широков А.А. Исследование электрокинетического потенциала модифицированных углеводами цементных паст на начальной стадии гидратации // Вестник БГТУ им. Шухова. 2015. №5. С. 235–240.

19. Шошин Е.А., Поляков А.В., Горшков Н.В., Былинкина Н.Н., Буров А.М. Соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – сахараза как фактор влияния на морфологию аморфных гидросиликатов кальция // Научное обозрение. 2015. №16. С. 168–179.

Shoshin E.A., Polyakov A.V., Burov A.M.

STUDY OF THE DEGRADATION OF THE NANOSTRUCTURE OF C-S-H-PHASES OF THE MODIFIED CEMENT STONE IN THE PROCESS OF DECALCIFICATION

Changes of the nanostructure of C-S-H-phase of the modified cement stone in the process of decalcification of the cement system were studied by XRay Diffraction and transmission electron microscopy. The nature of the adsorption interactions effect on the phase composition of products cement gel destruction and the nature of changes in the structure of C-S-H-phase

Key words: Modified cement stone, sucrose, polyvinyl alcohol, nanostructure of C-S-H phase, decalcification, x-ray diffraction analysis, electron microscopy examination.

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

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

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

E-mail: Shoshin234@mail.ru

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

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

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

E-mail: polyakovsgtu@mail.ru

Буров Андрей Михайлович, ведущий инженер Центра Коллективного Пользования «Симбиоз».

Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Московская, 155, корп.1.

E-mail: Burov.anmi@gmail.com

*Ахмедов М.А., канд. физ.-мат. наук, в. н. с.
Институт сейсмостойкости сооружений
Академии наук Республики Узбекистан*

ПОВРЕЖДЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Klara_51@mail.ru

Проанализированы полученные повреждения и разрушения на объектах электроэнергетики при Фукуйском (Япония) 28.06.1948 г., Спитакского (Армения) 08.12.1988 г. и ряда других землетрясений. Отмечены причины аварий Саяно-Шушенской ГЭС и плотин. Сделаны выводы и даны рекомендации для принятия соответствующих защитных мероприятий.

Ключевые слова: землетрясения, энергообъекты, повреждения, разрушения.

Введение. Эффективная работа объектов экономики во многом связана с устойчивой работой энергосистем Республики. Например, работа водопроводной сети полностью зависит от электроснабжения, и в случае аварии на сетях электроэнергетики, подача воды, особенно в жилые дома, прекращается, так как отключаются все насосные подстанции. А вода играет главную роль в деле пожаротушения, необходима для предотвращения инфекционных заболеваний и во многом другом.

Объекты экономики – плотины, водохранилища, дамбы, перемычки, туннели, каналы, берегозащитные и ограждающие сооружения в различных сочетаниях входят в состав электростанций. По этому, при землетрясениях, безаварийная работа энергообъектов, энергетического оборудования, подстанций, линии электропередач и др. становится важной и актуальной.

Методология исследования базируется на положениях Закона Республики Узбекистан «О безопасности гидротехнических сооружений», принятым в 1999 г. Согласно ему по каскадам ГЭС энергосистемы разработаны и прошли экспертизу декларации безопасности гидротехнических сооружений, которые утверждены экспертным советом госинспекции «Госводхознадзор». Анализ изучения влияния землетрясений на гидротехнические объекты Республики Узбекистан проводятся комиссиями по специальной программе с участием проектных научно-исследовательских организаций, государственной инспекции «Госводхознадзор» и инспекции «Узгосэнергонадзор», представителей наладочных и подрядных организаций, специализированных служб ГАК «Узбекэнерго». Проводится классификация по степеням повреждений и принимаются соответствующие мероприятия крепления и восстановления каждого оборудования энергокомплекса Республики.

Основная часть. Факты повреждения и разрушения объектов энергосистем рассмотрены на примере последствий Фукуйского (Япо-

ния) 1948 г., Спитакского (Армения), произошедшего в 1988 г. [1–3, 14] и других землетрясений.

Фукуйское землетрясение произошло 28.06.1948 г. с $M=7,3$ и при глубине $h=14,4$ км [3, 14]. В результате землетрясения погибли 5268 человек, разрушено 35,5 тыс. зданий. В эпицентральной области произошло поднятие территории до 41 см и опускание до 84 см. Возникли пожары, которые усилили бедствия последствия землетрясения. При этом землетрясении, наряду с жилыми и промышленными объектами, искусственными объектами строительства (мосты, дороги), получили повреждения и объекты энергосистем (табл. 1).

Спитакское землетрясение 01.12.1988 г. [1, 2, 6] с магнитудой в очаге $M=7$ и с интенсивностью 9–10 баллов, охватило 40 % территории Армении с населением 1 млн. чел., где были сосредоточены предприятия электротехнической, станкостроительной, текстильной, пищевой, промышленности, приборостроительной и радио промышленности.

В г. Ленинакане, где интенсивность землетрясения проявилось силой 8 баллов, из 319 трансформаторных подстанций, 155 получили повреждения различной степени, в том числе 40 было разрушено полностью. Это привело к тому, что все коммунально – энергетическое хозяйство Ленинакана практически полностью было выведено из строя.

В г. Спитаке (9 балльная зона-эпицентр землетрясения) были разрушены сети и сооружения коммунально-энергетического хозяйства. В Степанакерте полностью разрушились все электростанции, которые находились в пределах 8 балльной изосейсты, за исключением Кировокана (7 балльная зона) и открытого распределительного устройства Разданской ГРЭС (6 балльная зона).

В результате землетрясения, имели место повреждения на восьми подстанциях мощностью 35, 110 и 220 Кв. На пяти подстанциях они

классифицировались как значительные. Полностью было разрушено 1300 км и частично 930 км воздушных и кабельных линий.

Таблица 1

Повреждения объектов энергосистем

Наименование объектов	Повреждения		
	слабые	умеренные	сильные
1. Высоковольтная линия электропередач с напряжением 154 тыс. вольт, подвешенная на 298 стальных мачтовых опорах высотой 34,5 м и межопорным расстоянием от 247,5 до 345 м		1. На 32 мачтах наблюдались повреждения в кольцевой связи фундаментов и небольшие осадки	
2. Вспомогательная высоковольтная линия электропередач с напряжением 77 тыс. вольт		2. На шести мачтах наблюдались повреждение фундаментов	
3. Фарфоровые изоляторы на обеих линиях		3. Получили повреждения	
4. Второстепенная линия электропередач на деревянных столбах	4. 245 деревянных столбов наклонились		4. 482 столба были сломаны и провода порвались
5. Трансформаторы	5. Отмечены осадка фундаментов и вырывы анкерных болтов, которые очень близко к краю фундаментов. Вырывы анкерных болтов и размеры фундаментов также привели к опрокидыванию масляных выключателей (рис.1-3) [3].		5. Серьезные повреждения в местах вводов анкерных креплений имели четыре трансформатора по 100 тыс. кв. каждый подстанции г. Мацуоки.

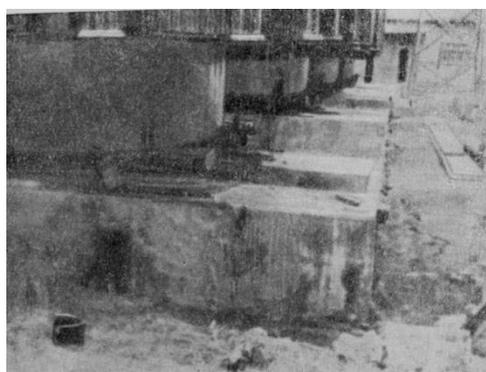


Рис. 1. Анкерный хомут, срезанный в уровне стальной плиты фундамента в основании трансформатора [14]

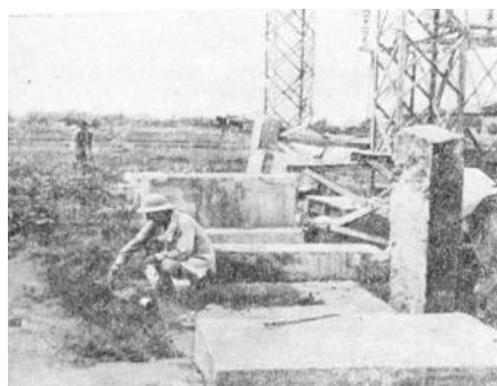


Рис. 2. Опрокинутые масляные выключатели [14]

Такие явления, связанные с повреждением и разрушением объектов энергосистем, наблюдались и при других землетрясениях [3, 4] (рис. 1...3). При этом отмечались не только повреждения самого оборудования, но и помещения, где они были расположены. Например, значительные повреждения имели трансформаторные подстанции в пос. Газли в 1976 г. И не только они, но и стены подстанции в виде сквозных трещин различной ориентации. Среди них были даже стены, усиленные каркасами из стальных труб, установленными с обеих сторон [5].



Рис. 3. Разрушение плотины Ши-Кань на Тайване во время землетрясения Чи-Чи 21.09.1999 г [9]

Известны также катастрофические последствия Калифорнийского землетрясения в США 17 октября 1989 г, когда были разрушены коммунальные энергетические системы трех районов, перебои в снабжении электроэнергией вызвали выход из строя современного компьютерного оборудования на базе ВВС США в Силиконовой долине. Ущерб, который нанесен энергетике от этого землетрясения, был оценен в 8–10 млн. долларов [6].

В этих и других землетрясениях наблюдались тяжелые повреждения телефонных и телеграфных столбов, разрыв проводов во многих местах, в городах массовый выход из строя линии связи.

Особого внимания заслуживают сейсмические события XXI века в Китае, где 12 мая 2008 г. в провинции Сычуань произошло сильнейшее за последние более чем три десятилетия земле-



Рис. 4. Фрагменты повреждения плотины «Зипингпу» во время землетрясения [9]

Сохранность плотин была обеспечена высоким качеством проектирования, правильной эксплуатацией и своевременным принятием необходимых мер в критических ситуациях. Не выполнение этих требований приводят к катастрофическим разрушениям плотин. Не учет сейсмического разлома проходящего под плотинной Шикань, привел к его разрушению землетрясением Чи-Чи в 1999 г. на Тайване (рис. 4) [9], неправильная эксплуатация и не принятие своевременных мер, привели к катастрофической аварии Саяно-Шушенской ГЭС 2009 г. (рис. 7) [10].

Кроме рассмотренных четырех крупных плотин, землетрясением был нанесен значительный ущерб большому числу менее масштабных объектов. Пострадали многие водохранилища и ГЭС, нарушена инфраструктура, водоснабжение, возникла угроза потери контроля за безопасностью и распространением водных потоков. Всего были повреждены 1583 плотины и водохранилища, из них 3 – больших, 57 – средних и 1523 – малых водоемов. В связи с распространением из-за землетрясения оползней появились опасные вторичные последствия-

трясения силой 8 баллов, вызвавшее чрезвычайные разрушения и гибель более 80 тыс. человек [7, 8]. Провинция Сычуань обладает значительными водными ресурсами и обширной сетью гидротехнических и гидроэнергетических объектов, среди которых – четыре крупных гидроузла с высокими плотинами: Зипингпу высотой 156 м, Шэйпай – 132 м, Бику – 105,3 м, Баоцуси – 132 м.

Несмотря на близость плотин к эпицентру землетрясения (12–17 км), эти плотины выдержали сотрясения, за исключением значительных и незначительных повреждений, которые сводились к нарушению облицовочного бетона и разрыхление каменно набросной плотины Зипингпу, смещению плотины Бику на 30 см, разрывам облицовочных плит и стен парапетов, трещинам зданий ГЭС и др. (рис. 4).



запруды, их прорыв и затопления расположенной ниже местности [7, 11, 12].

В ноябре 1991г., спустя 15 лет после начала эксплуатации, на левобережном примыкании плотины Чиркейской ГЭС произошло обрушение породы объемом около 5 тыс. м³, 3 ноября 1992 г. обрушилась часть левобережного откоса объемом 500 м³ у примыкания плотины Саяно-Шушенской ГЭС.

В обоих случаях провоцирующими факторами явились, предшествующие периоды высокой сейсмической активности, вызвавшие максимальные арочные напряжения плотин в зоне обрушения в холодное время с обильными дождями (рис. 5, 6) [6, 10, 13].

В результате воздействия землетрясения на незакрепленное или слабо закрепленное к фундаменту оборудование, происходит его смещение, и даже опрокидывание, что приводит к поломке и нарушению нормального его функционирования. Чтобы этого не произошло необходимо определение величин перемещения и углов поворота и сопоставление их с допустимыми и принятие соответствующих защитных мероприятий.



Рис. 5. Саяно-Шушенская ГЭС [10]



Рис. 6. Панорама Чиркейского ущелья, водохранилища и ГЭС [13]

Плотина Саяно-Шушенской ГЭС, Россия. В результате аварии на Саяно-Шушенской ГЭС погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб (рис. 7). Работа станции по производству электроэнергии была приостановлена. Последствия аварии отразились на экологической обстановке акватории, прилегающей к ГЭС, на социальной и экономической сферах региона. Сумма ущерба составила более 40 млрд. руб. [10].



Рис. 7. Август 2009 г., авария на Саяно-Шушенской ГЭС (Россия)

Выводы:

– нельзя нещадно десятки лет эксплуатировать объекты энергетики в ущерб их надежности и безопасности, сверхустановленных ресурсов работы сооружений и оборудования, без проведения мероприятий по модернизации и техническому переоснащению;

– в период эксплуатации необходимо соблюдение всех регламентов по проведению капитальных ремонтов и обеспечению наблюдений за состоянием технологического оборудования и гидротехнических сооружений. По истечении нормативных сроков работы оборудование подлежит замене, как это принято в мировой практике;

– на стадии строительства гидроэнергетических объектов не должны допускаться отклонения от проектных решений;

– необходимо производить анализ последствий землетрясений не только в рамках жилищно-промышленного строительства, но и на

объектах энергосистем;

– все объекты энергосистем, эксплуатируемые в сейсмоактивных областях должны быть сейсмобезопасными, обоснованными соответствующими теоретико-практическими расчетами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедов М.А. Факты повреждения и разрушения электрооборудования при сильных землетрясениях // Строительная механика и расчет конструкций: мат-лы Междунар. научно-техн. конф. (Узбекистан, Самарканд, 28-29 июня 2007 г.). Самарканд, 2007. С. 40–43.

2. Бородай И.А., Покровский В.Н. Состояние электротехнического оборудования энергообъектов Армении при землетрясениях 1988 г. // Сб. сейсмостойкое строительство. Вып.12. 1991. С. 2–24.

3. Инженерный анализ последствий землетрясений в Японии и США. М.: Госстройиздат, 1961. 193с.

4. Штейнбругге К.В., Моран Д.Ф. Инженерный анализ последствий землетрясения 21 декабря 1954 г. в Юрека (Калифорния) // Инженерный анализ последствий землетрясений в Японии и США. М.: Госстройиздат, 1961. С.186-193.

5. Жунусов Т.Ж. Анализ эффективности восстановительных мероприятий по последствиям землетрясения 19(20) марта 1984г. в Газли // Сб. Строительство в особых условиях, сейсмостойкое строительство. М.: 1985, серия 14. С. 33–38.

6. Малик Л.К. Чрезвычайные ситуации, связанные с гидротехническим строительством [Электронный ресурс]. URL: <http://www/bk/dam-safety/files/malik1.pdf> (Дата обращения 25.08.2015 г.)

7. Рашидов Т.Р., Саямова К.Дж, Ахмедов М.А. Землетрясения и мероприятия, проведения которых необходимы для повышения самообеспеченности плотин // Мат-лы Междунар. конф. (Узбекистан, Ташкент, 25–26 ноября 2014 г.). – Ташкент, 2014. С.12–17.

8. Жиан Жин Сенг, Си Зепинг, Чен Хоукун. Землетрясение в Китае и его воздействие на безопасность плотин// Гидротехническое строительство, 2008. №12. С.43–47.

9. Бронштейн В.И. Повреждения плотин при землетрясениях и методы их сейсмоусиления [Электронный ресурс]. URL: http://www/nasha_ucheba.ru (Дата обращения 05.09.2015 г.)

10. Саяно-Шушенская ГЭС [Электронный ресурс]. URL: <http://www/sayano-shushenskaya->

[ges](http://www/sayano-shushenskaya-ges) (Дата обращения 25.08.2015 г.)

11. Гупта К., Расторги Б. Плотины и землетрясения. М.: Мир, 1979. 251 с.

12. Плотины и землетрясения [Электронный ресурс]. URL: <http://www/rushydro.ru> (дата обращения 25.08.2015 г.)

13. Чиркейская ГЭС [Электронный ресурс]. URL: <http://www/610-chirkeysкая-ges-foto.html>. (Дата обращения 20.07.2015 г.)

14. Fukui Earthquake Region Horuriku, Japan 28 June, Tokyo, 1953.

Akhmedov M.A.

DAMAGE AND DESTRUCTION OF THE OBJECTS OF ENERGY SYSTEMS DURING THE EARTHQUAKES

Damage and destruction data obtained in the objects of energy systems during Fukui (Japan), 28.06.1948, Spitak (Armenia), 08.12.1988 and a number of other earthquakes have been analyzed. The reasons of emergency cases in Sayano-Shushensk and other dams of hydro-power plants have been stated. The conclusions were drawn and recommendations to adopt the appropriate protection measures were given.

Key words: earthquakes, energy objects, damage, destruction.

Ахмедов Машраб Абдукадырович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник. Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.
Адрес: Узбекистан, 100125, Ташкент, ул. Дурмон йули 31.
E-mail: Klara_51@mail.ru

Черныш А.С., канд. техн. наук, проф.,

Долженков Д.Ю., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

gkadastr@mail.ru

С целью оценки длительной прочности водонасыщенных лессовых грунтов проводились длительные опыты в срезных приборах, на образцах лессового грунта в условиях полного водонасыщения. Для исключения влияния посторонних факторов опыты проводились с постоянной влажностью. Образцы испытывались при различных уплотняющих нагрузках. На основе результатов испытуемых образцов были выявлены определенные закономерности. При различных нагрузках определенные, значения сдвигающих усилий при разрушение грунта ведут к горизонтальным деформациям, которые в свою очередь незначительно расходятся по величинам. Были подтверждены известные в литературе представления. По экспериментальным данным построены кривые длительной прочности водонасыщенного грунта. Так же по результатам испытаний построен график изменения прочностных параметров водонасыщенного лессового грунт во времени. Установлено длительное значение силы сцепления и значение длительной прочности.

Ключевые слова: лессовые просадочные грунты, длительная прочность, длительное значение силы сцепления, сдвигающие усилие.

Введение. При некоторых соотношениях сдвигающих и уплотняющих усилий испытывают длительные деформации ползучести, приводящие в ряде случаев к снижению прочности грунтов. Возникает необходимость установить изменения прочности водонасыщенного лессового грунта в основаниях сооружений с течением длительного периода времени.

Изучение данного вопроса посвящен ряд работ [5, 6, 8, 9], в которых дается оценка величины длительной прочности лессового просадочного грунта с позиций нахождения количественной зависимости последней в виде некоторой доли от стандартной прочности на сдвиг. Однако, это положение не дает возможность вскрыть физическую сущность процесса паде-

ния прочности грунтов во времени и не может носить общего характера.

Нами была поставлена задача изучения длительной прочности водонасыщенных лессовых грунтов в основаниях сооружений на базе результатов лабораторных экспериментальных исследований.

С этой целью в лабораторных условиях проводились длительные опыты в срезных приборах, на образцах лессового грунта ненарушенного сложения в условиях его водонасыщения.

Испытанию подвергались лессовые просадочные грунты, физические показатели которых приводятся в табл. 1.

Методика обработки результатов испытаний принимались в соответствии с работой [3].

Таблица 1

Физические показатели грунтов

Наименование показателей	Единица измерения	Величина показателя
1	2	3
Влажность	%	8,7
Предел текучести	%	30,4
Предел раскатывания	%	19,8
Число пластичности	%	10,6
Объемный вес	гс/см ³	1,63
Объемный вес скелета	гс/см ³	1,49
Удельный вес	гс/см ³	2,71
Пористость	%	41,9
Коэффициент пористости		0,81
Степень влажности		0,296
Коэффициент консистенции		-1,06
Гранулометрический состав	%	
>0,05	%	19
0,05–0,005	%	64
<0,005	%	17

Для исключения из результатов опытов возможного влияния упрочнения грунта в связи с постепенным уменьшением его влажности W , опыты проводились методом «под водой», т.е. при соблюдении в течение всего опыта условия $W = W_n = const$. Методика опыта заключалась в следующем. Образцы грунта помещались в срезной прибор и уплотнялись под вертикальной нагрузкой величиной 1 кгс/см^2 до стабилизации осадки, после чего замачивались под этой нагрузкой. После стабилизации просадочной деформации образцы грунта подвергались испытаниям на срез при том же значении $P = 1 \text{ кгс/см}^2$ и при различных, но постоянных для данного образца сдвигающих нагрузках.

При этом на первый образец прикладывалась наибольшая нагрузка, которая вызывала мгновенные разрушения. На следующие образцы прикладывались меньшие нагрузки, составляющие долю от максимальной, мгновенной. В зависимости от величины сдвигающих нагрузок образцы грунта срезались и различное время. При значениях действующих сдвигающих нагрузок меньших пределу длительной прочности, срез не происходил.

На основе полученных результатов строились графики зависимости горизонтальных деформаций от периодов времени, затраченных на срез (с уплотняющими нагрузками $1, 2$ и 3 кгс/см^2), на основе которых строились кривые затухающей и незатухающей ползучести при сдвиге. При нагрузках меньше предела длительной прочности, незатухающая ползучесть не развивается, а деформация ползучести имеет затухающий характер. При нагрузках больше предела длительной прочности, процесс ползучести включал в себя стадии затухающей ползучести, стационарного течения и прогрессирующего деформирования. Установлено, что при больших значениях сдвигающих усилий срез происходил при небольших значениях горизонтальных деформаций. Например, при значении сдвигающего усилия, равном $0,65 \text{ кгс/см}^2$, под уплотняющей нагрузкой величиной 1 кгс/см^2 полное разрушение (срез) образца произошло через 4,5 минуты, а соответствующая горизонтальная деформация в момент разрушения, фиксируемые по индикатору, оказалась равной 3,15 мм. При значении же сдвигающего усилия, равном $0,53 \text{ кгс/см}^2$, разрушение образца наступило через 42 суток, при деформации сдвига, равной 4,21 мм. При сдвигающих усилиях, равных $\approx 0,5 \text{ кгс/см}^2$, разрушение образца не наблюдалось, деформация ползучести затухала. Очевидно предел длительной прочности испытанного образца под уплотняющей нагруз-

кой величиной 1 кгс/см^2 равен примерно $0,53 \text{ кгс/см}^2$.

Под уплотняющим давлением 2 кгс/см^2 , при сдвигающей нагрузке, равной $\tau = 1,07 \text{ кгс/см}^2$, полное разрушение образца произошло через 7,5 минут, а деформация сдвига к моменту разрушения составляла 3,78 мм.

При сдвигающей нагрузке $\tau = 0,84 \text{ кгс/см}^2$, разрушение образца наступило через 59 сут, а соответствующая деформация сдвига была равна 4,47 мм. При сдвигающей нагрузке $\tau = 0,82 \text{ кгс/см}^2$, разрушение образца (срез) не отмечалось. Очевидно, это значение сдвигающего усилия было меньше предела длительной прочности.

Под уплотняющей нагрузкой, равной $3,0 \text{ кгс/см}^2$ при сдвигающем усилии $1,45 \text{ кгс/см}^2$ образец грунта разрушился через 3 минуты, при значениях горизонтальных деформаций $\delta_{np} = 4,64$ мм. А при сдвигающей нагрузке $\tau = 1,17 \text{ кгс/см}^2$, полное разрушение образца произошло через 120 суток и соответствующая горизонтальная деформация к этому моменту была равна $\delta_{np} = 5,38$ мм.

Исходя из результатов указанных в лабораторных экспериментальных исследованиях, можно сделать выводы о том, предельные горизонтальные деформации грунта при сдвиге δ_{npred} , при котором наступает полное разрушение грунта, расходятся по величине в пределах 13...19 %, в зависимости от значений сдвигающих нагрузок. Однако в порядке приближения величину δ_{np} можно принять постоянной, как это и делается рядом исследователей. Это хорошо увязывается с известным в литературе представлением [2] о том, что разрушение грунта наступает тогда, когда развитие микротрещины достигает некоторого постоянного для данного вида грунта значения.

Установили закономерности изменения сопротивления сдвигу водонасыщенного лессового грунта во времени при трех значениях действующих уплотняющих давлений. Построенные кривые длительной прочности водонасыщенного лессового грунта (рис. 1) показывают, что сопротивление сдвигу с течением времени уменьшается и приближается к своему «длительно-предельному», для данного состояния грунта, значению. В наших опытах предел длительной прочности τ_{∞} составляет в среднем 73...76 % от условно-мгновенной прочности, т.е. $\tau_{\infty} = (0,73...0,76) \tau_0$. При этом основное снижение прочности водонасыщенного лессового грунта происходит в течение 1 часа. Соответ-

ствующая этому времени разрушающая нагрузка составляет 79–82 % от условно-мгновенной прочности. В дальнейшем прочность уменьшается незначительно и медленно ($\approx 5...6\%$). Если выразить длительную прочность грунта как

некоторую долю от его прочности, соответствующей одному часу, будем иметь

$$\tau_{\infty} = (0,92 \div 0,93)_{t=1\text{час}}$$

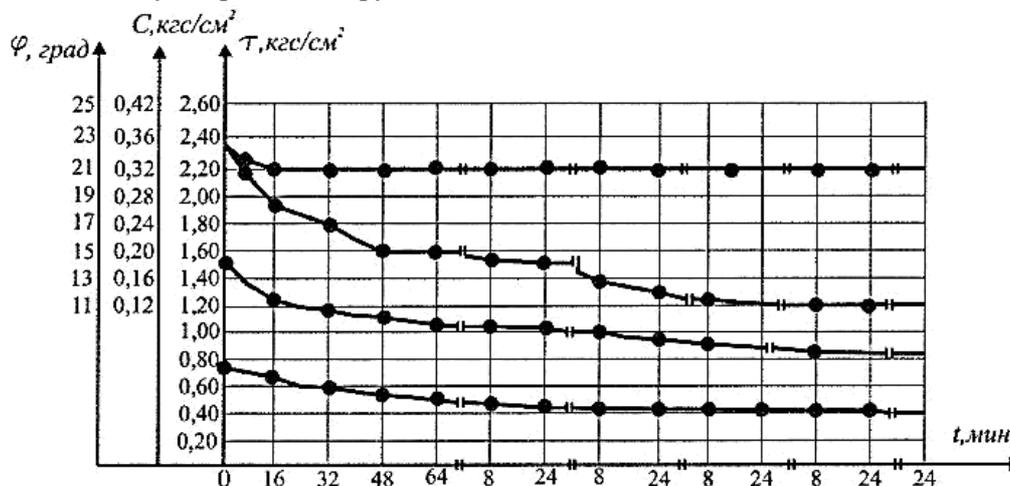


Рис. 1. Кривые длительной прочности и изменения прочностных параметров водонасыщенного лессового грунта во времени

Из графиков на рис. 1 определяем значения сопротивления грунтов сдвигу при различных периодах времени, на основе которых строим графики зависимости между уплотняющими и сдвигающими усилиями в различный период времени. Предельная прямая в зависимости от времени, занимая ряд положений, определяет значения прочностных параметров водонасыщенного лессового грунта в различные периоды времени.

На рис. 1 построен также график изменения прочностных параметров водонасыщенного лессового грунта во времени. Как видно из рис.1, сила сцепления водонасыщенного лессового грунта снижается во времени (45,2 %), а угол внутреннего трения уменьшается (10,9 %) только в начальный период времени ($t \approx 4$ мин) и в дальнейшем почти не меняется.

Поэтому при решении практических задач можно пренебречь этими изменениями и принять, что угол внутреннего трения не снижается во времени.

Таким образом, устанавливаем, что снижение прочности водонасыщенных лессовых грунтов во времени происходит в основном за счет уменьшения сил сцепления. В этом плане наше представление хорошо согласуется с мнениями авторов [1, 4, 7–9] о том, что снижение прочности происходит лишь только за счет уменьшения сил сцепления, а угол внутреннего трения практически не меняется.

Длительное значение силы сцепления C_{∞} водонасыщенных лессовых грунтов приближенно составляет $0,55C_0$ — сила сцепления, соответ-

ствующая условно-мгновенной прочности грунта.

Из рис. 1 видно, что основное снижение сил сцепления происходит в течение 1 часа. Соответствующая этому времени величина силы сцепления соответствует $0,71C_0$ ($C_{t=1\text{час}} = 0,71C_0$). Поэтому при определении длительного значения сил сцепления водонасыщенных лессовых грунтов целесообразно оценить его в виде некоторой доли, соответствующей одному часу.

Так, например, установлено, что длительное значение силы сцепления C_{∞} составляет $0,80C_{t=1\text{час}}$. $C_{\infty} = 0,8C_{t=1\text{час}}$.

Изложенное позволяет описать прочность водонасыщенных лессовых грунтов во времени в следующем виде:

$$\tau(t) = \sigma g \varphi + C(t).$$

Исходя из результатов наших опытов, длительную прочность можно определить выражением:

$$\tau_{\infty} = \sigma \cdot tg \varphi + 0,8C_{t=1\text{час}}.$$

Последнее заключение относится исключительно к лессовым грунтам в водонасыщенном состоянии. Длительная же прочность неводонасыщенных лессовых грунтов нуждается в дальнейших исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вялов С.С. и др. Методика определения характеристик ползучести, длительной прочности и сжимаемости мерзлых грунтов. М.: Стройиздат, 1966.

2. Вялов С.С., Пекарская Н.А., Максимьяк Р.В. О физической сущности процессов деформирования и разрушения глинистых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1970. №1.

3. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. М.: Стандартинформ, 2013.

4. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М.: Стройиздат, 1965.

5. Могилевская С.Е. Вопросы длительной прочности и деформируемости лессовых грунтов как основанию гидротехнических сооруже-

ния // Известия ВНИИГ. Т. 64. 1960.

6. Могилевская С.Е. К вопросу ползучести лессовых грунтов // Известия ВНИИГ. Т. 62. 1959.

7. Куликов Г.В. Расчет и проектирование фундаментов сооружений на лессовых грунтах в ТССР. Ашхабад: Изд-во Минвуза ТССР, 1984.

8. Калачук Т.Г. К вопросу проектирования и строительства на слабых грунтах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 120–124.

9. Калачук Т.Г., Юрьев А.Г., Карякин В.Ф., Выскребенцев В.С. О начальном давлении просадочных грунтов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 24–28.

Chernysh A.S., Dolzhenkov D.Y.

ASSESSMENT OF LONG-TERM STRENGTH OF SATURATED COLLAPSIBLE SOILS

For a goal assessment the long-term strength of saturated loess soils were conducted long experiments in shear devices. Conditions of specimens of loess soil were full water saturation. For exclusion the influence of extraneous factors, experiments were conducted with constant humidity. Specimens were tested at various sealing loads. Based on the results of the test Specimens were identified some of certain patterns. Determined at different loadings, the values of shearing forces at the ground lead to the destruction of the horizontal deformation, which in turn differ slightly from the values. It was confirmed with representation views in the known literature. From the experimental data were built long-term strength curves of saturated soil. As the test results plotted changes in strength parameters of water-saturated loess soil in time. As result explore value of long-term bonding strength and value of long-term strength.

Key words: collapsible loess soil, long-term strength, long-term bonding strength, shearing strength.

Черныш Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, профессор, заведующий кафедрой городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: gkadastr@mail.ru

Долженков Дмитрий Юрьевич, аспирант кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: dolzhenkov_dyu@energomash.ru

*Толстомятов С.Н., канд. физ.-мат. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Голованова Е.В., канд. физ.-мат. наук, доц.
Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТУХАНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

olga160@yandex.ru

Построена математическая модель, описывающая процесс распространения и затухания высокочастотных (ультразвуковых) волн малой амплитуды в упруго-пластическом теле. Показана возможность экспресс-оценки одномерного напряженно-деформированного состояния методом затухания ультразвука. Исследована зависимость величины декремента затухания высокочастотных колебаний от текущих и остаточных деформаций в условиях одноосного напряженно-деформированного состояния.

Ключевые слова: математическая модель, ультразвук, затухание, напряженно-деформированное состояние, прочностные характеристики, пористость, дислокации.

В работе предложен математический метод изучения затухания ультразвуковых волн малой амплитуды под действием одноосных растягивающих напряжений. Математическое моделирование затухания ультразвука в поликристаллическом твердом теле сводится к рассмотрению рассеяния упругих волн различными частицами – включениями, поэтому среда предполагается упругой, но с различными включениями. Анализ выполненных ранее экспериментов и результаты работ [1, 2] показал, что в пластически деформированном теле наблюдается эффект затухания ультразвуковых волн. Причем, если к телу приложены такие нагрузки, при которых реализуется напряженно-деформированное состояние, выходящее за пределы линейной упругости, то затухание догрузочных волн (ультразвуковых, малой амплитуды) растет с увеличением пластических деформаций. Следовательно, по отношению к ультразвуковым догрузочным волнам пластически деформированное тело ведет себя как сплошная среда, поглощающая высокочастотные волны. Таким образом, в основе построения математической модели лежат следующие предположения:

1. «догрузочные» волны в недеформированном (или упруго деформированном) теле распространяются со скоростью звука;

2. в пластически деформированном теле затухание «догрузочных» волн увеличивается с ростом напряжений;

3. статические диаграммы $\sigma - \varepsilon$ одноосного состояния существуют и имеют выраженный упругий участок.

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \varepsilon^*}{\partial t^2} = & f''_{\varepsilon\varepsilon} f \dot{\varepsilon}^* + f''_{\sigma\varepsilon} f \dot{\sigma}^* + f''_{\sigma\sigma} f \dot{\sigma}^* + f'^2_{\varepsilon} \dot{\varepsilon}^* + f'_{\sigma} f'_{\varepsilon} \dot{\sigma}^* + f'_{\sigma} f'_{\varepsilon} \dot{\sigma}^* + f''_{\sigma\varepsilon} \dot{\sigma}^* + f''_{\sigma\sigma} \dot{\sigma}^* + \\ & + f''_{\sigma\varepsilon} \dot{\sigma}^* + f'_{\sigma} \dot{\sigma}^*_{\varepsilon} + f'_{\sigma} \dot{\sigma}^*_{\sigma} + f'_{\sigma} \dot{\sigma}^*_{\sigma} + f''_{\sigma\varepsilon} \ddot{\sigma}^* + f''_{\sigma\sigma} \ddot{\sigma}^* + f''_{\sigma\varepsilon} \ddot{\sigma}^* + f'_{\sigma} \ddot{\sigma}^*_{\varepsilon} + \\ & f'_{\sigma} \ddot{\sigma}^*_{\sigma} + f'_{\sigma} \ddot{\sigma}^*_{\sigma}. \end{aligned}$$

С учетом сделанных предположений математическая модель одномерного напряженно-деформированного состояния образца описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = f\left(\varepsilon, \sigma, \frac{\partial \sigma}{\partial t}\right) \\ \rho \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial \sigma}{\partial x} \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial v}{\partial x} \end{cases} \quad (1)$$

Первое уравнение является определяющим соотношением, второе – уравнением движения без учета массовых сил, третье – уравнением совместности кинематических полей скорости и деформаций.

Пусть $(\sigma_0, \varepsilon_0)$ – характеризуют основное состояние в растянутом приложенными силами образце, поэтому $(\sigma_0, \varepsilon_0)$ – это некоторая точка, взятая на статической диаграмме « $\sigma - \varepsilon$ », а $\sigma^* \text{ и } \varepsilon^*$ – это малые «догрузочные» напряжения и деформации, характеризующие быстрый процесс изменения основного состояния из-за наложенных на него ультразвуковых волн, т.е. $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon^*$; $\sigma = \sigma_0 + \sigma^*$. Обозначим частную производную штрихом вверх, а индексом внизу переменную, по которой ведется дифференцирование, точкой вверх – частную производную по t .

Заменяя в преобразованиях $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ на f , согласно первому уравнению (1), будем иметь:

В этом соотношении все величины не отмеченные «звездочкой» относятся к основному статическому состоянию. Поэтому, $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 0$; $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 0$; $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 1$; $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 0$; $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 0$; $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 0$; $\dot{\sigma}'_{\sigma} = 0$. Так как скорость распространения догрузочных

импульсов совпадает со стержневой скоростью, имеем, что $f'_{\sigma} \approx \frac{1}{E}$,

где E – модуль Юнга. С учетом этого равенства получим

$$\frac{\partial^2 \varepsilon^*}{\partial t^2} = (f''_{\varepsilon\varepsilon} f + f'^2_{\varepsilon}) \varepsilon^* + (f''_{\varepsilon\sigma} f + f'_{\sigma} f'_{\varepsilon}) \sigma^* + (f''_{\varepsilon\dot{\sigma}} f + \frac{1}{E} f'_{\varepsilon} + f'_{\sigma}) \dot{\sigma}^* + \frac{1}{E} \ddot{\sigma}^*$$

Введя обозначения $f''_{\varepsilon\varepsilon} f + f'^2_{\varepsilon} \equiv \varepsilon$, $f''_{\varepsilon\sigma} f + f'_{\sigma} f'_{\varepsilon} \equiv \beta 2$, $f''_{\varepsilon\dot{\sigma}} f + \frac{1}{E} f'_{\varepsilon} + f'_{\sigma} \equiv 2\alpha$, получим линеаризованное уравнение для «догрузочных» деформаций в виде

$$\frac{\partial^2 \varepsilon^*}{\partial t^2} = \varepsilon \varepsilon^* + \beta^2 \sigma^* + 2\alpha \dot{\sigma}^* + \frac{1}{E} \ddot{\sigma}^* \quad (2)$$

или в безразмерном виде:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon^*}{\partial t^2} = \varepsilon \varepsilon^* + \frac{\beta^2}{E} \sigma^* + \frac{2\alpha}{E} \dot{\sigma}^* + \frac{1}{E} \ddot{\sigma}^*$$

Проведя линеаризацию полученного выше уравнения движения:

$$\rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{1}{\rho \varepsilon} \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial x^2} - \frac{1}{E \varepsilon} \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial t^2} - \frac{\beta^2}{\varepsilon} \sigma^* - \frac{2\alpha}{\varepsilon} \frac{\partial \sigma^*}{\partial t} \right) = \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial x^2}$$

Из этого уравнения следует окончательный вид линеаризованного уравнения для догрузочных волн напряжений:

$$\frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left\{ \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial x^2} - \rho \left[\frac{1}{E} \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial t^2} + \beta^2 \sigma^* + 2\alpha \frac{\partial \sigma^*}{\partial t} \right] \right\} = \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial x^2} \quad (3)$$

Полагая $\sigma^* = A \exp(\omega t + kx)$, получим спектральное уравнение:

$$k^2 - \rho \left(\frac{\omega^2}{E} + 2\alpha\omega + \beta^2 \right) = \frac{k^2 \varepsilon}{\omega^2}$$

На частотах $\omega \approx 10$ МГц спектральное уравнение принимает вид

$$k^2 - \rho \left(\frac{\omega^2}{E} + 2\alpha\omega + \beta^2 \right) = 0$$

Следовательно, в области высоких частот уравнение (3) может быть аппроксимировано телеграфным уравнением Г. Бэйтмана [3]:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + 2\alpha \frac{\partial}{\partial t} + \beta^2 \right) \sigma = c^2 \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2}$$

Уравнение (3), описывает процесс распространения ультразвуковых волн нагружения в

$$\rho (f'_{\sigma} f + f'_{\sigma} \dot{\sigma} + f'_{\sigma} \ddot{\sigma}) = \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2},$$

найдем

$$\varepsilon^* = \frac{1}{\rho \varepsilon} \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial x^2} - \frac{1}{E \varepsilon} \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial t^2} - \frac{\beta^2}{\varepsilon} \sigma^* - \frac{2\alpha}{\varepsilon} \frac{\partial \sigma^*}{\partial t} \quad (2)'$$

Это соотношение определяет догрузочные деформации через напряжения. Уравнения (2) и (2) линейно связывают между собой догрузочные напряжения и деформации. Поэтому из этих соотношений можно получить отдельные уравнения для каждой из догрузочных величин. Выполняя преобразование уравнения (2) с использованием уравнения (2), получим уравнение четвертого порядка для догрузочных напряжений:

пластически деформированном образце и доказывает зависимость от α и β , а следовательно, от функции $f\left(\varepsilon, \sigma, \frac{\partial \sigma}{\partial t}\right)$ в определяющем соотношении.

Достаточным для выполнения сформулированных выше положений 1–3 является выбор определяющего соотношения вида:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{E} \dot{\sigma} + f(\varepsilon, \sigma)$$

Тогда получим следующую систему уравнений математической модели:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial \sigma}{\partial x} \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{E} \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \delta f(\varepsilon, \sigma) \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial v}{\partial x} \end{cases} \quad (4)$$

$$\ddot{\varepsilon} = \frac{1}{E} \ddot{\sigma} + f'_\varepsilon \dot{\varepsilon} + f'_\sigma \dot{\sigma} = \frac{1}{E} \ddot{\sigma} + f'_\varepsilon \dot{\varepsilon} + f'_\sigma (E\dot{\varepsilon} - E\dot{f}) = \frac{1}{E} \ddot{\sigma} + (f'_\varepsilon + E f'_\sigma) \dot{\varepsilon} - E f f'_\sigma.$$

Линеаризуя это уравнение с использованием обозначений $f'_\varepsilon + E f'_\sigma \equiv 2\alpha$, $E(f'_\sigma f'_\varepsilon + f f''_{\sigma\sigma}) \equiv \xi^2$, $f'^2 + f f''_{\sigma\sigma} \equiv \eta$ в окрестности некоторого состояния, соответствующего произвольной точке на диаграмме « $\varepsilon - \sigma$ » в пластической области получим:

$$\ddot{\varepsilon}^* - 2\alpha \dot{\varepsilon}^* + \xi^2 \varepsilon^* = \frac{1}{E} \ddot{\sigma}^* - E\eta \sigma^*$$

Используя обозначение $p \equiv \frac{\partial}{\partial t}$ для оператора дифференцирования по времени, получаем символическую форму записи уравнения в виде:

$$(p^2 - 2\alpha p + \xi^2) \varepsilon^* = \left(\frac{p^2}{E} - E\eta \right) \sigma^* \quad (5)$$

Дифференцирование первого и третьего уравнений системы (4) дает соотношение:

$$\rho \ddot{\varepsilon}^* = \sigma''_{xx} \Rightarrow \rho p^2 \varepsilon^* = \sigma''_{xx}.$$

Воздействуя на это соотношения оператором $\left(\frac{p^2}{E} - E\eta \right)$, получим:

$$\rho \omega^2 \left(\frac{\omega^2}{E} - E\eta \right) = (\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2) \kappa^2 \Rightarrow \kappa^2 = \frac{\rho \omega^2 \left(\frac{\omega^2}{E} - E\eta \right)}{\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2}.$$

Тождественно преобразуем правую часть спектрального соотношения:

$$\begin{aligned} \frac{\rho \omega^2 \left(\frac{\omega^2}{E} - E\eta \right)}{\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2} &= \frac{\rho}{E} \omega^2 + \frac{2\alpha}{E} \rho \omega + \left(\frac{4\alpha^2 \rho}{E} - \rho E \eta - \frac{\rho \xi^2}{E} \right) + \frac{C_1 \omega}{\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2} + \frac{C_2}{\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2}; \\ C_1 &= \frac{8\alpha^3 \rho}{E} - \frac{4\alpha \rho \xi^2}{E} - 2\alpha \rho E \eta; C_2 = \frac{\rho \xi^4}{E} + \rho \xi^2 E \eta - \frac{4\xi^2 \alpha^2 \rho}{E}. \end{aligned} \quad (7)$$

Отсюда следует, что в области высоких частот $\omega \rightarrow \infty$ из (7) справедливо приближенное спектральное уравнение:

$$\kappa^2 \approx \frac{\rho}{E} \left[\omega^2 + 2\alpha\omega + (4\alpha^2 - E^2 \eta - \xi^2) \right].$$

Это означает, что процесс затухания ультразвуковых волн в одномерном континууме (6)

Проведя повторное дифференцирование второго уравнения системы (4), получим:

$$\rho p^2 \left(\frac{p^2}{E} - E\eta \right) \varepsilon^* = \left(\frac{p^2}{E} - E\eta \right) \sigma''_{xx} \quad (5')$$

Уравнения (5), (5') линейно связывают между собой догрузочные деформации и напряжения. Поэтому из них следуют уравнения, отдельно определяющие каждую из догрузочных величин.

Например, из (5) и (5') имеем уравнение для догрузочных деформаций в ультразвуковой волне:

$$\begin{aligned} (p^2 - 2\alpha p + \xi^2) \varepsilon''_{xx} &= \left(\frac{p^2}{E} - E\eta \right) \sigma''_{xx} \Rightarrow \\ \rho p^2 \left(\frac{p^2}{E} - E\eta \right) \varepsilon^* &= (p^2 - 2\alpha p + \xi^2) \varepsilon''_{xx} \end{aligned} \quad (6)$$

Уравнение (6) представляет собой уравнение для «догрузочных» деформаций, решение которого найдем в виде $\varepsilon^* = A \exp(\omega t + kx)$. Из (6) следует спектральное уравнение и его решение в виде зависимости $k^2 = k^2(\omega^2)$:

такой же, как процесс затухания волн в уравнении Бэйтмана.

Для экспериментальной аттестации предложенной математической модели необходимо также получить уравнения для «догрузочных» напряжений и при $\omega \rightarrow \infty$ сравнить оба спектральных уравнения.

Из второго уравнения системы (4) имеем:

$$\ddot{\varepsilon} = \frac{1}{E} \ddot{\sigma} + f'_3 \dot{\varepsilon} = \frac{1}{E} \ddot{\sigma} + f'_3 \left(\frac{\sigma}{E} + f \right) + \dot{\sigma} f'_\sigma = \frac{1}{E} \ddot{\sigma} + \left(\frac{1}{E} f'_3 + f'_\sigma \right) \dot{\sigma} + f'_3 f$$

Линеаризуя это уравнение в окрестности состояния $(\varepsilon_0, \sigma_0)$, получим

$$\ddot{\varepsilon}^* = \frac{1}{E} \ddot{\sigma}^* + \left(\frac{1}{E} f'_3 + f'_\sigma \right) \dot{\sigma}^* + (f''_{3\sigma} f + f'_\sigma f'_3) \sigma^* + (f''_{33} f + f'^2_3) \varepsilon^* \tag{8}$$

С использованием обозначений соотношение (8) принимает следующий вид:

$$\ddot{\varepsilon}^* - \gamma^3 \varepsilon^* = \frac{1}{E} \ddot{\sigma}^* + \frac{1}{E} 2\alpha \dot{\sigma}^* + \frac{\xi^2}{E} \sigma^* \tag{9}$$

Поскольку из третьего уравнения системы (4) следует соотношение:

$$\ddot{\varepsilon} = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2} \Rightarrow \rho \ddot{\varepsilon} = \sigma''_{xx}, \text{ то далее}$$

получаем цепочку равенств:

$$\frac{\rho}{E} \omega^2 (\omega^2 + 2\alpha\omega + \xi^2) = (\omega^2 - \gamma^3) \kappa^2 \Rightarrow \kappa^2 = \frac{\rho \omega^2}{E} \left(\frac{\omega^2 + 2\alpha\omega + \xi^2}{\omega^2 - \gamma^3} \right).$$

Выполняя тождественные преобразования спектрального уравнения, найдем, что:

$$\kappa^2 = \frac{\rho}{E} (\omega^2 + 2\alpha\omega + \xi^2 + \gamma^3) + \frac{2\alpha\rho\gamma^3\omega}{E(\omega^2 - \gamma^3)} + \frac{\rho\gamma^3}{E(\omega^2 - \gamma^3)}.$$

«Догрузочные» деформации:

$$\kappa^2 = \frac{\rho}{E} (\omega^2 + 2\alpha\omega + 4\alpha - E^2\eta - \xi^2) + \frac{C_1}{\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2} + \frac{C_2}{\omega^2 - 2\alpha\omega + \xi^2}$$

«Догрузочные» напряжения:

$$\kappa^2 = \frac{\rho}{E} (\omega^2 + 2\alpha\omega + \xi^2 + \gamma^3) + \frac{2\alpha\rho\gamma^3\omega}{E(\omega^2 - \gamma^3)} + \frac{\rho\gamma^3}{E(\omega^2 - \gamma^3)}$$

Сравнение показывает, что для «догрузочных» волн каждого из двух рассмотренных типов в области высоких частот получается уравнение Бэйтмана:

$$\frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial t^2} + 2\alpha \frac{\partial \sigma^*}{\partial t} + \beta^2 \sigma^* = c^2 \frac{\partial^2 \sigma^*}{\partial x^2}.$$

Это видно из того, что при высоких частотах дисперсионные уравнения полученных уравнений и уравнений Бэйтмана совпадают.

В спектральном уравнении, соответствующем уравнению Бэйтмана:

$$\kappa^2 = \frac{1}{c^2} (\omega^2 + 2\alpha\omega + \beta^2),$$

где α – коэффициент затухания волны.

Поэтому в уравнениях для «догрузочных» волн деформаций и напряжений переменная величина $\frac{\partial f}{\partial \varepsilon} + E \frac{\partial f}{\partial \sigma}$, обозначенная ранее как 2α , также имеет смысл удвоенного коэффициента

$\ddot{\varepsilon}^* - \gamma^3 \varepsilon^* = (p^2 - \gamma^3) \ddot{\varepsilon}^*$, $\rho(p^2 - \gamma^3) \ddot{\varepsilon}^* = (p^2 - \gamma^3) \sigma''_{xx}$ и окончательно из (9) находим уравнение распространения догрузочных волн напряжений

$$(p^2 - \gamma^3) \sigma''_{xx} = \rho p^2 \left(\frac{1}{E} \ddot{\sigma}^* + \frac{2\alpha}{E} \dot{\sigma}^* + \frac{\xi^2}{E} \sigma^* \right) \tag{10}$$

Анализируя уравнение (10) по Фурье $\sigma^* = A \exp(\omega t + \kappa x)$, получаем спектральное уравнение:

затухания волны. Это означает, что построенная математическая модель описывает процессы затухания ультразвука в пластически деформированных средах. Для количественного сравнения теоретических результаты с экспериментальными данными, необходимо провести все необходимые оценки параметров для конкретных материалов и процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толстопятов С.Н. О связи затухания ультразвука с внутренним напряжением в образце. / НИИЭнформэнергомаш. М.-1987. Деп.в НИИЭнформэнергомаше 13.05.87г. № 391-эм87.
2. Koeler J. Imperfection in Nearly Perfect Crustals/ J/ Koeler // John Wiley and Sons. 1952. P. 197.
3. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1971. 512 с.

Tolstopyatov S.N., Golovanova E.V.

**MATHEMATICAL MODELING OF THE ATTENUATION OF THE OSCILLATIONS
IN POLYCRYSTALLINE SOLIDS**

A mathematical model describing the process of propagation and attenuation of high-frequency (ultrasonic) waves of small amplitude in the elastic-plastic body. The possibility of Express-evaluation of one-dimensional stress-strain state by the method of ultrasound attenuation. The dependence of the magnitude of the decrement of damping high-frequency oscillations from current and residual strains in the uniaxial stress-strain state.

Key words: *mathematical model, ultrasound, attenuation, stress-deformirovannoe condition, strength properties, porosity, dislocations.*

Толстопятов Сергей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: olga160@yandex.ru

Голованова Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра математики и физики.

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина.

Адрес: Россия, 308503, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1.

E-mail: golovanova711@mail.ru

Фролов Н.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ АРМОБЕТОННЫХ БАЛОК, В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫМИ СТЕРЖНЯМИ

frolov_pgs@mail.ru

В статье приводятся данные о результатах испытаний на изгиб образцов армобетонных балок, в растянутой зоне армированных стеклопластиковыми стержнями. Для сравнительного анализа были также исследованы аналогичные железобетонные балки, которые в работе рассматриваются в качестве эталонных образцов. Установлено, что образцы балок со стеклопластиковой арматурой способны воспринимать меньшую нагрузку, обладают меньшей жесткостью и трещиностойкостью. Разрушение таких изгибаемых конструкций происходит по наклонному сечению. Это объясняется выключением из работы стержней поперечной арматуры и малым модулем упругости продольной стеклопластиковой арматуры, и как следствие повышенной деформативностью образцов. В связи с этим делается вывод, что стеклопластиковую арматуру в растянутой зоне армобетонных балок будет целесообразнее использовать совместно со стальной арматурой.

Ключевые слова: стеклопластиковая арматура, армобетонная балка, разрушающая нагрузка, нормальная и наклонная трещина.

Введение. Полимерные материалы и изделия из них находят все более частое применение в строительстве. Это в полной мере относится и к неметаллической полимеркомпозитной арматуре.

Полимеркомпозитная арматура представляет собой относительно новый конструкционный материал, состоящий из непрерывного армирующего наполнителя (волокон) и полимерной матрицы (связующего). Волокна, составляющие порядка 70–90 % объема, отвечают за механическую прочность, а связующее – за целостность и химическую стойкость полимеркомпозитной арматуры.

Тенденции к снижению стоимости полимеркомпозитной арматуры возможны с совершенствованием технологии ее изготовления и при продажах в условиях рыночной конкуренции. А пока из-за существенной разницы в ценах со стальной арматурой применение полимеркомпозитной целесообразно и эффективно только в случае необходимости использования ее свойств, которыми традиционная стальная арматура не обладает [1]. Так частичная или полная замена стальной арматуры полимеркомпозитной позволяет повысить долговечность конструкций, эксплуатируемых при воздействии агрессивных сред, при наличии блуждающих токов, а также расширить область применения антимагнитных и диэлектрических бетонных армированных конструкций [2]. В то же время следует отметить, что такая замена в железобетонных элементах возможна не повсеместно. Например, нельзя или не рекомендуется использовать полимеркомпозитную арматуру в качестве сжатой ни в колоннах, ни в балочных кон-

струкциях [3]. Имеются и другие ограничительные сложности по применению.

На протяжении последних 30–40 лет полимеркомпозитная арматура активно изучается в странах Северной Америки, Западной Европы и Японии, где ее производство и использование закреплено на уровне государственных стандартов и норм проектирования. В нашей стране соответствующая нормативная база только формируется, что объясняется недостаточным количеством проведенных экспериментально-теоретических исследований в затронутом тематическом направлении.

Производство полимеркомпозитной арматуры в России регламентируется ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия». Совсем недавно был введен в действие СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования», а СП на проектирование армобетонных конструкций с полимеркомпозитной арматурой находится лишь в стадии разработки. Поэтому необходимы дополнительные экспериментальные данные об особенностях работы таких конструкций. В данной статье речь пойдет об изгибаемых конструкциях.

Методология. Испытания образцов армобетонных балок на изгиб осуществлялись в соответствии с основными положениями ГОСТ 8829 при помощи электромеханической универсальной разрывной машины марки Р-5. Деформации крайнего фибрового волокна бетона сжатой зоны определялись при помощи индикатора

часового типа ИЧ-1. Деформации балок в пролете и на опорах определялись при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10.

Для удобства мониторинга трещинообразования одна из боковых поверхностей балок была окрашена двумя слоями раствора строительной извести. В последующем на эту грань цветными маркерами условно нанесено положение арматурных стержней.

Испытания балок до разрушения проводились ступенчатой нагрузкой. Выдержка на каждом этапе нагружения с учетом снятия показаний с приборов составляла 7–8 минут.

Основная часть. Из всех видов полимеркомпозитной арматуры особый научный интерес представляет арматура на основе стеклянного волокна и синтетической смолы. Поисковые результаты исследований и испытаний на прочность, щелочестойкость, на сцепление с бетоном, показали высокую эффективность стеклопластиковых стержней при их эксплуатации в условиях воздействия агрессивных сред [4, 5, 6]. Поэтому в рамках программы эксперименталь-

ных исследований диссертационной работы были произведены испытания на изгиб образцов армобетонных балок, в растянутой зоне которых, по сравнению с аналогичными железобетонными балками, стальная арматура полностью заменена на стеклопластиковую. На основании испытаний для последующего анализа получены данные о прочности, жесткости и трещиностойкости таких конструкций. При этом балки с обычной стальной арматурой условно рассматриваются в качестве эталонных образцов.

Опытными образцами являлись армобетонные балки с поперечным сечением 80×120 мм и длиной 1200 мм, в растянутой зоне армированные стержнями стальной арматуры класса по прочности на растяжение А400 или стержнями стеклопластиковой арматуры с песчаным покрытием ROCKBAR. Данные о принятой маркировке и продольном армировании сечений образцов балок приведены в таблице 1. Поперечное армирование всех балок выполнено стержнями стальной арматуры класса А400 диаметром 6 мм с шагом 80 и 100 мм (рис. 1).

Таблица 1

Маркировка образцов балок и характеристики продольного армирования

Маркировка образцов	Схема продольного армирования сечений	Армирование, см ²		Примечание
		Растянут. зона	Сжат. зона	
		A_{st} / A_{ft}	A_{sc}	
БМ1; БМ2		0,503 / 0,000	0,283	Исходное металлическое армирование
БС1; БС2		0,442 / 0,000	0,283	Полимеркомпозитное армирование

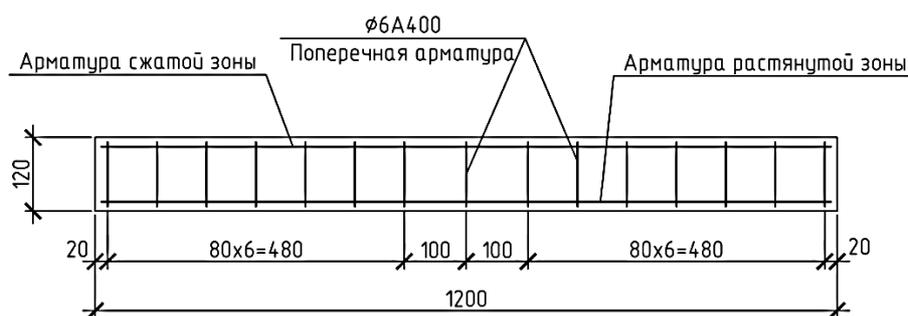


Рис. 1. Схема поперечного армирования образцов балок

Из-за невозможности сварки стальных и стеклопластиковых стержней их соединения в плоских каркасах выполнялись при помощи вязальной оцинкованной проволоки диаметром 0,9 мм (рис. 2, а).

Образцы балок были изготовлены из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В30 и до испытаний выдержаны 28 суток при нормальных условиях твердения.

Общий вид образцов балок при испытаниях показан на рис. 2, б.

Схема опирания и нагружения образцов (рис. 3) – балка, свободно опертая по двум сторонам и нагруженная двумя кратковременно приложенными сосредоточенными нагрузками с образованием в пролете зоны чистого изгиба $l/4$ (l – расстояние между опорами).

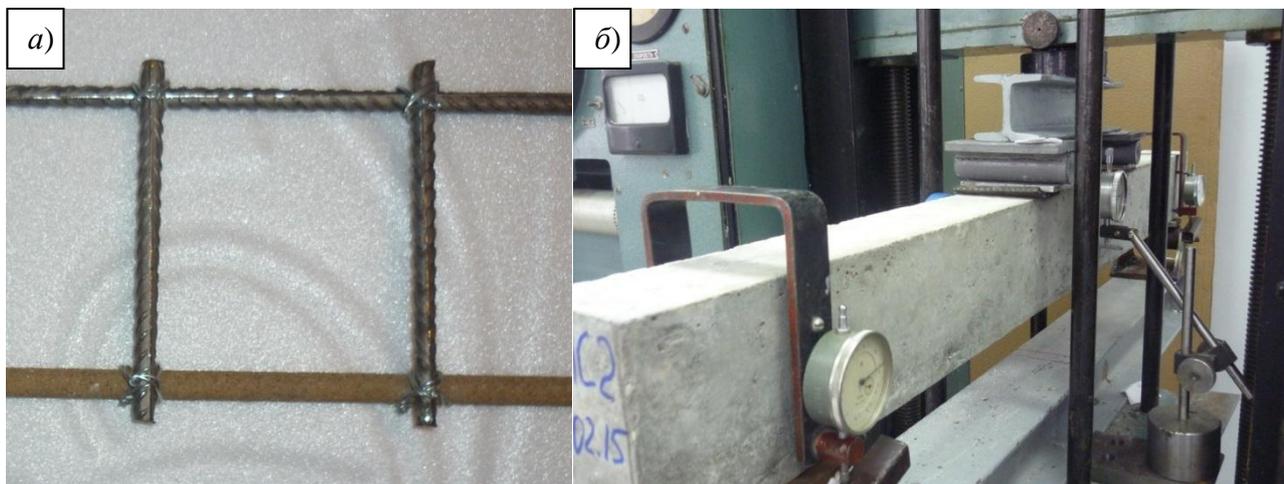


Рис. 2. Соединения стержней арматуры вязальной проволокой (а) и общий вид образцов балок при испытаниях (б)

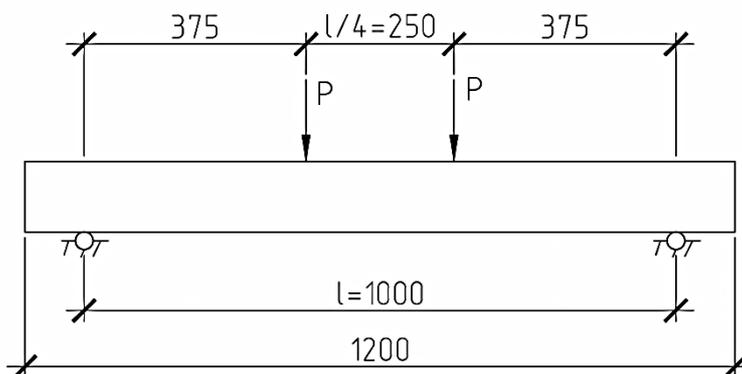


Рис. 3. Схема опирания и нагружения образцов балок

Ввиду конструктивных особенностей устройства испытательного оборудования участок появления и развития нормальных трещин оказался в зоне ограниченной видимости, что не позволило использовать микроскоп МПБ-2 для контроля ширины раскрытия трещин. Также у образцов балок, за исключением БС2, не удалось анализировать характер изменения относительных деформаций бетона сжатой зоны в связи с неполадками датчика ИЧ-1 при испытаниях.

Результаты испытаний всех образцов балок на изгиб после аналитической обработки представлены в табл. 2.

Характер трещинообразования и разрушения образцов балок показан на рис. 4.

Испытаниями установлено, что у эталонных железобетонных балок в растянутой зоне первые нормальные трещины появляются при нагрузке

равной 31 % от разрушающей. Второй этап их появления соответствует нагрузке 40–41 % от разрушающей. В дальнейшем, до разрушения балок идет раскрытие и развитие только нормальных трещин, появившихся на первых этапах, без образования наклонных трещин. Количество трещин у образцов БМ1 и БМ2 равно 7. Они расположены на расстоянии 85–100 мм друг от друга. Разрушение обоих образцов балок сопровождалось выкрашиванием бетона сжатой зоны (разрушение по бетону). Значения прогибов таких балок в середине пролета при нагрузке равной разрушающей находятся в диапазоне $(1/69-1/72) l$.

В ходе испытаний образцов балок со стеклопластиковой арматурой выявлено, что у них первые трещины появляются на этапе нагружения соответствующем 26–27 % от разрушающей

нагрузки. Характер трещинообразования у образцов БС1 и БС2 следующий: первыми в зоне чистого изгиба появляются нормальные трещины, затем при нагрузке примерно 50 % от разрушающей на расстоянии $l/4$ от опор появляются наклонные трещины. В дальнейшем, с увеличением нагрузки активное развитие нормальных трещин прекращается, а интенсивное раскрытие и развитие наклонной трещины по сечению к месту приложения сосредоточенной силы приводит к разрушению об-

разцов. Разрушение по наклонному сечению не наблюдалось в схожих исследованиях [7, 8]. Данное явление может быть объяснено исключением из работы стержней поперечной арматуры и малым модулем упругости продольной стеклопластиковой арматуры, и как следствие повышенной деформативностью образцов. У обеих балок образовалось по 7 трещин, расстояния между которыми находятся в диапазоне 75–105 мм.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов балок на изгиб

Параметр исследования	Маркировка образцов балок			
	БМ1	БМ2	БС1	БС2
Разрушающая нагрузка P_u , кН	16.58	17.17	14.52	15.11
Нагрузка при образовании первой трещины P_{cr} , кН	5.12	5.32	3.92	3.98
Нагрузка при $f = l/120$, кН	16.29	16.74	10.39	10.04
Прогиб при нагрузке P_u , мм	13.95	14.46	15.97	16.98
Прогиб при нагрузке $0.67P_u$, мм	2.60	3.08	7.28	8.16
Предел. относит. деформация сжатой зоны бетона ε_{bu}	–	–	–	0.00265
Количество трещин, шт.	7	7	7	7
Максимальная высота развития трещин, мм	101	103	103	104
Максимальная ширина раскрытия трещин, мм	–	–	–	–
Характер разрушения	Разрушение по нормальному сечению с выкрашиванием бетона сжатой зоны		Разрушение по наклонному сечению	

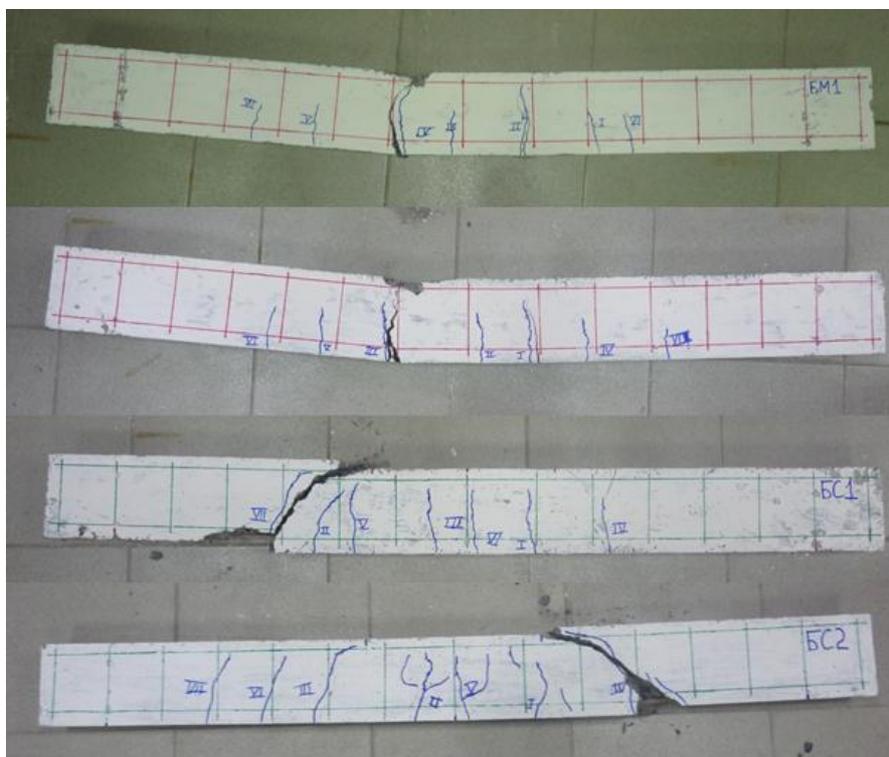


Рис. 4. Характер трещинообразования и разрушения образцов балок соответственно сверху вниз БМ1, БМ2, БС1 и БС2

Среднее значение разрушающей нагрузки образцов балок со стеклопластиковой арматурой на 13,9 % меньше эталонных железобетонных. Стеклопластиковая арматура при разрушении балок

работает в условиях среза, что приводит к глубоким повреждениям бетона нижней растянутой грани.

Прогибы в середине пролета балок БС1 и БС2 в момент их разрушения находятся в диапазоне значений $(1/58-1/62) l$ и на всех этапах деформирования выше, чем у балок со стальной арматурой. Так, при значении нагрузки $0.67P_u$ прогибы приблизительно больше в 2,4–3,1 раза. Деформативность балок со стеклопластиковой арматурой резко увеличивается сразу после появления нормальных или наклонных трещин.

При максимально допустимом относительном прогибе обычных балок, в соответствии с СП 20.13330.2011 равном $1/120$ от величины пролета l , предельная нагрузка опытных балок со стеклопластиковой арматурой снижается в 1,4–1,5 раза, что на 39 % меньше соответствующего среднего значения эталонных образцов. Таким образом, на несущую способность этих балок гораздо большее влияние оказывает не прочность полимеркомпозитной арматуры, а ее малый (порядка 50 ГПа) модуль упругости.

Выводы. На основании результатов проведенных испытаний следует отметить, что образцы балок со стеклопластиковой арматурой, по сравнению с эталонными железобетонными образцами, способны воспринимать меньшую нагрузку, обладают меньшей жесткостью и трещиностойкостью. Поэтому предлагается стержневую стеклопластиковую арматуру в растянутой зоне армобетонных балок использовать совместно со стальной арматурой. Особенности работы таких конструкций будут определены и изучены автором в ходе дальнейших экспериментально-теоретических исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уманский А.М., Беккер А.Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вест-

ник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2012. № 2 (11). С. 7–13.

2. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю. Неметаллическая композитная арматура для бетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 1. С. 45–47.

3. Лапшинов А.Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 52–57.

4. Фролов Н.В., Никулин А.И., Обернихин Д.В., Лапшин Р.Ю. Исследование свойств композитной арматуры на основе стеклянных и базальтовых волокон // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 18–21.

5. Низин Д.Р., Ошкина Л.М., Селяев В.П., Чернов А.Н. Щелочестойкость эпоксидных композитов с повышенными реологическими характеристиками // Огарёв-Online. 2015. № 13 (54). С. 7.

6. Есипов С.М. Анализ методик проектирования усиления железобетонных конструкций композитными материалами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 114–118.

7. Антаков А.Б., Антаков И.А. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с полимеркомпозитной арматурой // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 3. С. 7–13.

8. Селяев В.П., Соловьев А.А., Парамонов Р.Н., Алимов М.Ф., Шабаев И.Н. Работа балок, армированных композитной стеклопластиковой арматурой // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 67–73.

Frolov N.V.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH GLASS-PLASTIC BARS IN TENSIONED AREA

Results of bend test of the reinforced concrete beam samples with glass plastic bars in tensioned area are given in the article. In an effort of comparative analysis reinforced concrete, the similar beams with steel bars, which are considered as standard samples, were also tested. It was determined, that the samples with glass-plastic bars have lower strength, rigidity, and crack resistance. These beams were collapsing by inclined section. This fact is explained by exhausting of shear reinforcement resistance and high deformability of beams because of low value of coefficient of elasticity of glass-plastic reinforcement. As a result of this, it's rational to use combination of glass-plastic reinforcement with steel reinforcement in tensioned area of reinforced concrete beams.

Key words: glass-plastic reinforcement, reinforced concrete beam, ultimate load, normal and inclined cracks.

Фролов Николай Викторович, аспирант 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

Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ С КОАГУЛЯЦИОННЫМ ТИПОМ СТРУКТУРЫ

tatyana.calachuk@yandex.ru

В статье изложены результаты исследования сдвига некоторых видов грунтов с целью изучения зависимости между напряжениями и деформациями сдвига, а также выявленные факторы, влияющие на закономерности уплотнения грунтов и материалов с коагуляционным типом структуры.

Ключевые слова: грунт, сдвиг, уплотнение, относительная влажность, деформации, зависимость.

Вопрос уплотнения грунтов имеет важное значение при строительстве на слабых основаниях. Необходимая степень плотности грунтов зависит от передаваемых нагрузок, возможностей изменения температурно-влажностного режима, назначения уплотняемых грунтов. Искусственное уплотнение грунтов относится к улучшению физико-механических свойств без коренного изменения их физико-механической природы. Для уплотнения грунтов применяют различные методы: поверхностное уплотнение, виброуплотнение, уплотнение статической нагрузкой, путем сооружения фундаментов в вытрамбовываемых котлованах [1, 2]. Уплотняемость грунтов определяют по методике стандартного уплотнения [3]. Процесс уплотнения грунта делится на два этапа.

При уплотнении на первом этапе преобладают деформации сдвига. Для изучения зависимости между напряжениями и деформациями сдвига были проведены исследования сдвига ряда грунтов, в том числе пылеватого суглинка и сланцевых грунтов.

При малых относительных влажностях грунтов, зависимость между сдвигающими усилиями и деформациями, близка к линейной.

При относительных влажностях $W_0 \geq 0,44$ зависимость становится криволинейной. Переломные точки, соответствующие предельному сдвигающему усилию, а также площадки текучести на кривой отсутствуют. Деформации сдвига при этих влажностях состоят, в основном, из пластических, необратимых, которые по мере уплотнения затухают.

Первая серия опытов была проведена с грунтами естественного строения при различной влажности. Во второй серии монолитные грунты предварительно высушивались, а затем доувлажнялись однонормальным раствором CaCl_2 .

Пунктиром (рис. 1) показана зависимость для образца с примесью CaCl_2 .

Для установления зависимости между деформациями и сдвигающими усилиями, опыт-

ные данные аппроксимировались параболическими и гиперболическими зависимостями. Сравнение показало, что наилучшее приближение зависимости к результатам сдвига обеспечивают параболические зависимости (табл. 1).

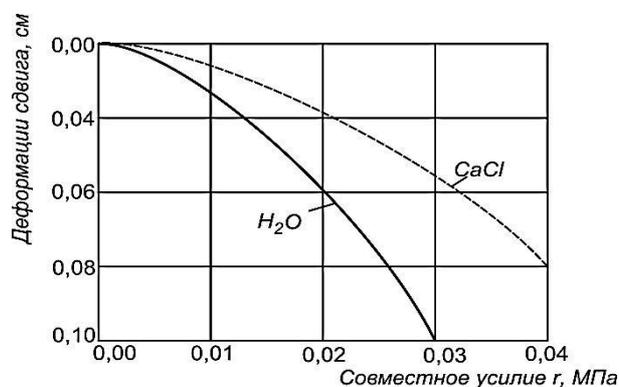


Рис. 1. Зависимость деформации сдвига от сдвигающих усилий

С увеличением уплотняющих нагрузок и соответствующим увеличением объемами массы скелета грунта коэффициент уплотнения увеличивается. При постоянной с увеличением объемной массы скелета грунта коэффициент уплотнения изменяется в сторону увеличения только модуля сдвига.

Испытания грунтов на сдвиг подтверждают положения о решающем влиянии жидкой фазы на развитие и характер деформаций сдвига.

В результате проведения опытов были получены зависимости между объемной массой скелета и уплотняющими нагрузками. Характерные результаты исследований для пылеватого тяжелого суглинка с $W_L = 0,35$ приведены в табл. 2.

Эти данные были использованы для определения соответствия между теоретической зависимостью для необратимых деформаций сжатия, относящихся к концу уплотнения грунта и результаты лабораторных работ.

Таблица 1

Результаты испытаний тяжелосуглинистого сланца

Сдвигающее усилие τ , МПа	Фактическая деформация сдвига S , см	Деформация сдвига, вычисленная по $S_{выч} = 0,183\tau$		Деформационные сдвиги, вычисленные по $S_{выч} = 0,025 \cdot 10^{0,85\tau}$	
		$S_{выч}$, см	$\Delta\%$ погрешности	$S_{выч}$, см	$\Delta\%$ погрешности
0,056	0,025	0,0264	4,11	0,062	0,34
0,073	0,083	0,087	0,13	0,107	2,1
0,120	0,183	0,189	0,21	0,182	0,53
0,145	0,324	0,275	15,8	0,255	3,76
0,164	0,512	0,576	12,22	0,457	20,52
0,185	0,887	0,864	5,27	0,746	14,76
0,220	1,294	1,283	0,98	1,276	4,22

Таблица 2

Зависимость сдвигового напряжения от относительной влажности грунта

Сдвиговые напряжения τ , МПа	Объемная масса скелета г/см^3 при относительной влажности						
	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,7	1,0
0,00	0,93	0,94	1,041	0,92	1,07	0,92	1,05
0,351	0,991	0,98	1,03	1,07	1,06	1,08	1,13
0,700	1,09	1,07	1,11	1,19	1,21	1,27	1,38
1,02	1,021	1,037	1,09	1,17	1,28	1,36	1,44
1,37	1,032	1,059	1,13	1,28	1,31	1,39	1,48
2,13	1,047	1,066	1,128	1,355	1,418	1,467	1,49
2,75	1,08	1,119	1,19	1,49	1,53	1,55	-
4,18	1,09	1,128	1,18	1,53	1,59	1,59	-
5,53	1,11	1,19	1,23	1,59	1,61	-	-
7,21	1,13	1,26	1,231	-	-	-	-
8,59	1,18	1,36	1,46	-	-	-	-
9,18	1,21	1,41	-	-	-	-	-
10,46	1,33	1,5	-	-	-	-	-

Цифры на кривых (рис. 2) обозначают относительную влажность, пунктиром даны значения, вычисленные по формуле 1:

$$S_{\sum ж} = C \frac{W}{W_{\tau}^p} \left(1 - \frac{C_0^H}{\sigma^H}\right) \quad (1)$$

где W_{τ}^p – влажность границы текучести; σ^H – напряжения в слое грунта; C_0^H – постоянная длина рабочего хода. Для конца процесса уплотнения теоретическая зависимость соответствует эксперименту. Характерно, что чем больше уплотняющая нагрузка, тем меньше предел влажности $(0,48 \dots 0,7)W_L$.

Увеличение нагрузки приводит к выжиманию пленок связанной воды из зон контактов, уменьшению толщины пленок и частичному разрушению структуры воды. Чем больше нагрузка, тем больше это разрушение. На уплотняемость грунтов, укрепленных органическим вяжущим, большое влияние оказывает не только количество жидкой фазы, но и соотношение между ее компонентами – водой и битумом.

На рис. 3 сплошными линиями показано изменение объемного веса скелета грунта в зависимости от содержания битума.

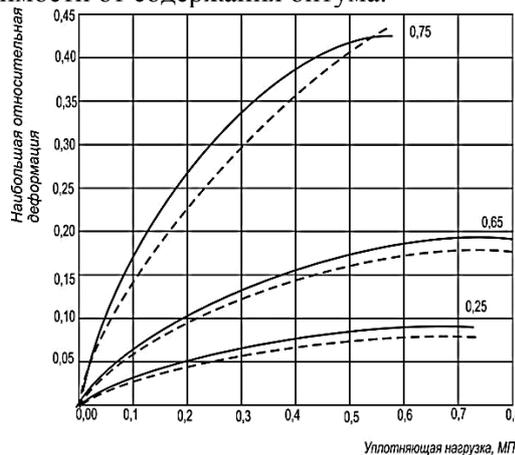


Рис. 2. Зависимость относительной деформации от уплотняющей нагрузки

Грунты укреплялись жидким битумом $C_{60}^5 = 20 с$. Суммарное содержание воды и битума во всех случаях было одинаковым и равным $0,6 W_L$. Кривая (1) относится к грунту с $W_L = 0,22$, (2) – к грунту с $W_L = 0,43$, (3) – к грунту с $W_L = 0,17$.



Рис. 3. Зависимость изменения объемного веса скелета от содержания битума

Имеется и другой фактор, который определяет увеличение объемной массы. Кристаллики цемента размещаются в порах и пустотах между агрегатами и частицами грунта. При этом формируется более плотная структура.

Второй фактор является определяющим, и в целом при прочих равных условиях объемная масса скелета, укрепленных цементом грунтов, больше, чем неукрепленных.

Общие закономерности уплотнения материалов с коагуляционным типом структуры сохраняются и для грунта, щебня, гравелистых и галечниковых грунтов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черныш А.С. Уплотнение грунтов с одновременным вытрамбовыванием котлованов// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №5. с. 112–119.
2. Куликов Г.В., Герасименко В.Г. Уплотнение искусственных оснований инженерных сооружений на слабых грунтах механическими методами. АДИ ДонГТУ, Горловка, 2001. 89 с.
3. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. 22 с

Kalachuk T.G.

PECULIARITIES OF COMPACTION OF SOILS WITH COAGULATIVE STRUCTURE TYPE

The article presents the findings of researching the shearing of certain soils with the purpose of studying the dependence between the stress and shearing deformation, and the identified factors, which influence the compaction regularities of soils and materials of coagulative structure type.

Key words: soil, shear, compaction, relative humidity, deformations, dependence.

Калачук Татьяна Григорьевна, кандидат технических наук доцент, кафедра городского кадастра и инженерных изысканий

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: tatyana.calachuk@yandex.ru

Горюжанкин В.К., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

«СОВРЕМЕННОСТЬ» И ПРОЕКТНАЯ КУЛЬТУРА

vk.goro@yandex.ru

Прикрепление профессионализма зодчего к проектированию изменило онтологию архитектуры: с XV-го века её язык становится изображением, «склеенным» с формами строительного объекта. Дальнейшее развитие языка видоизменяет онтологические модели, абстрагированные от построечных форм зданий (категория «стиль» в эпоху модерна и категория «пространство» в современной архитектуре).

Ключевые слова: композитная форма, зодчество, графический язык.

1. Проблема понятия «современность» в архитектуре была сформулирована в антиномии «стиль или метод». Программа современной архитектуры, изложенная О. Вагнером в 1895 году, утверждала: *«Архитектор имеет полное право черпать из сокровищницы всего наследия; однако не может быть и речи о копировании им отобранного ...»* [1]. Модерн противостоял эклектике в стремлении к новому стилю, что служит основанием для определения модернизма как контр исторического явления, и постмодернизма как контр современной архитектуры или новой эклектики. В таких определениях модернизм представляется еще одним стилем в историческом ряду. Однако модерн строил себя как метод и именно **методологический принцип** продолжился в современной архитектуре. Известный представитель функционализма М. Гинзбург в 20-е годы заявлял *«Конструктивизм - это не стиль, а метод»* [2].

2. Проблема средств. *«Рождение»* нового – в противоположность *«возрождению»* былого, – не может явиться в виде совершенного стиля, оно должно вначале проявиться в «модных» элементах, продолжает О. Вагнер, *«...только путем его переработки/отобранного из наследия/и приведения в соответствие с поставленными целями и на основании впечатления... можно добиться задуманного»* [1]. О стиле или методе идет речь у Вагнера? С пояснениями для нас уже в 1896 г. выступил Ван де Вельде. Пионер тотального модерна «прорисовывает» всю обстановку «Блуменверф», его план, мебель, посуду и платье хозяйки. В чертах обстановки можно углядеть мотивы, искусств Японии, Египта и Греции. Но, их сплав – это новый стиль. Его метод работы разъясняет О. Вагнера: на путях переработки исторического содержания, архитектор анализирует стиль, как **графический язык**. Способ абстрагирования элементов стиля в самостоятельном предмете, в котором «просвечивается» история, Ван де Вельде закрепил в понятии **«геометрический орнамент»**. Прорисовывание орнамента как поля силовых взаимодействий отдельных линий,

организованных энергией рисующего, приводит его к графической структуре. Орнамент, срастаясь со всеми абрисами предметной среды, является нам – **«сильной формой»** [1]. Программа модерна обозначила **метод модификации стилистик**, заменивший в проектировании принцип стилизации.

3. Дискурс о «современности» требует различения двух архитектур: «архаической» и «современной». Для такого различения, обычно, привлекается понятие «технический прогресс» в строительстве, но, также обычно, не рассматриваются технологические изменения в мышлении, игнорируются организационные изменения в труде архитектора. Об онтологии, исходящей от предмета деятельности К. Маркс писал: *«То, что на стороне рабочего проявлялось в форме деятельности, теперь, на стороне продукта выступает в форме покоящегося свойства, в форме бытия. Рабочий прял, и продукт есть пряжа»* [3]. Распространяя эту метафору на архитектуру, скажем: зодчий строил – и архитектурой была постройка, проектировщик чертил – и его архитектурой стало проективное изображение. Исследованное Э. Панофским и Х. Зельмайером искусство готического собора датирует поворот архитектуры к изобразительности, произошедшее в XIV-м веке. Зельмайер определяет собор как **«изображение града небесного»**. По мнению Панофского, одним из принципов языка готического собора, была **«визуальная логика»** предоставлявшая зрителю возможность пережить процесс архитектурного созидания [4].

4. Зодчество: «построечная» архитектура. Если «отобрать» у скульптора мрамор и долото, предложить ему бумагу и карандаш, то мы лишимся скульптуры, а наш мастер станет искать свой хлеб в графике. Подобная ситуация имела место в архитектуре при формировании проектных способов работы. **Зодчество** – это практический способ организации труда, в котором преобладает строительный навык и натуральный материал. Старославянский глагол *«зиждеть»* – означает лепить из глины, и зодчество имеет

отношение к Творцу, создавшему из этого пластичного материала перволюдей, затем давшего им жизнь своим дыханием («одухотворил глину»). Греческий архитектор – «главный плотник» – также имеет родство с Миросозидателем в толкованиях термина архитектоника. Художественные формы зодчества неразрывно связаны с материалом ремесленного труда: деревом, мрамором, камнем и глиной. Этот смысл всё ещё удерживается в термине «*архитектурный облом*», который для зодчего был не столько графическим набором «выкружек и каблучков», сколько обломком карнизного мрамора. В тоже время, зодчий в постройке “копирует мироздание” и воспроизводит картину мироустройства.

5. Проектирование: «композиционная» форма. Теоретическое представление о новом предмете, возникшего в прикреплении строительного профессионализма зодчества к проектированию, нам оставил Л.-Б. Альберти. Он определил, что «*архитектура заключена не только в «постройках», но и в «очертаниях».* Мы уже привыкли к тому, что «*фасад*» – это и чертеж, также, это и наружная поверхность стены, но как материал нашего искусства – *это картина*, на которой нечто изображено. Связь изображения и его несущего материала (мрамора или штукатурки, железобетонного каркаса или городских улиц) сегодня кажется «естественным» свойством архитектурных форм. Впервые же это определилось в трактате «о живописи» Л.-Б. Альберти, который писал, что архитектор заимствовал у живописца свои средства. В этой же книге он, как известно, дал определение «композиции» – нового для профессии предмета творческого средоточия. Графическая форма – изображение – замещает форму «скульптурную», натуральную, являясь её знаком по определению.

6. Авторство в архитектуре. Сегодня мы представляем такой его тип, в котором осознаём себя творцом произведения. В древней культуре произведение транслировало общезначимый смысл, и этому искусству соответствовали иные типы авторства, например:

- **мифологический тип авторства:** мрамор копирует деревянную конструкцию ордера, потому что его «деревянная» форма и несет его, никем не придуманное, содержание;

- **«сказочный» тип авторства,** – в котором созданность (искусственность) произведения («ордер») и его вымысел («мужской» = доордер) осознаны без представления о том, кем и зачем это придумано.

- историческое становление форм авторства привело нас к модернистскому сознанию необходимости конструирования языковых форм,

специфичных для каждого нового архитектурного содержания – *литературный или художественный тип авторства.*

7. Методическое обеспечение проектной культуры. На этом переломе в профессии возник любопытный тип авторства – «каменная» форма как бы несла на себе культурный смысл, воспроизвести который можно только копируя её «очертания». «Правила (добавим за Виньолу: «вычерчивания») пяти ордеров» стали методическим пособием каждого автора, сосредоточенного в графике и на форме, но не позволяющего себе думать о содержании произведения. Содержание архитектуры всё ещё неприкосновенно. Такой *тип авторства* М.И. Стеблин – Каменский назвал «*скальдическим*», фольклёрным [5].

8. Метод монтажа. Третьим автором новой архитектуры был А. Палладио, открывший возможности графического преобразования ордерных композиций, и создавший альбом собственных построек и проектов, взамен исторических образцов. Со времени Палладио, обогатившего приемы составления целого из частей изображения приемами их монтажа, *формообразование* явилось единственной художественной темой, освоенной в «композиции».

9. Проектирование как модификация прототипа... Для дома Тарасова (на Спиридоновке) Жолтовский использовал прототип Палладиянского палаццо Тьене, преобразовав его членения в пропорциях Венецианского Дворца Дожей, за что был удостоен академического звания (в 1914 г.). Повторное использование такого приёма в 1934 году для семизэтажного жилого дома у стен Кремля, одетого в «ликующий», но монументальный фасад трехъярусного Капитоната, дал поразительный эффект: была начата новая страница в развитии советской архитектуры [6].

Такая модификация предполагает работу в области технологии проектирования: представления графом (в частности, пропорций) как агрегатов проектной модели здания. Подобную работу в конце 20х годов осуществила группа рационалистов во главе с Н. Ладовским. – Её результаты в 1933-м были изданы В. Кринским, И. Ламцов и М. Туркусом в виде учебника от ВХУТЕМАСа «Элементы архитектурно-пространственной композиции» [7]. При создании пособия по «модернизму» схемы метрических порядков, плотностей и фактур, ритмических рядов и графического моделирования пропорций накладывались поверх фотографии памятника архитектуры или располагались рядом. Этот графический слой, как бы отделившийся от прототипа, не зависит от конкретной формы и

имеет самостоятельную ценность: его «можно» использовать для создания современных стилей и форм. *«Языки пропедевтических курсов Ладовского, Клее, Кандинского, в которых даются описания видов линий, поверхностей, пространственных соотношений плоскостей, масс и т.п. – выполняют функции абстрагированного метаязыка по отношению к тому, что непосредственно выражено в архитектурной или художественной форме»* [8].

10. Диспозиция в реконструкциях стиля... Академик И.А. Фомин стремился сохранить ордер для «пролетарского стиля»: он трансформировал традиционные формы, упрощая и гипертрофируя, лишая их орнамента и декора для выражения простоты и революционности своей эпохи. Одно из его нововведений – «спаренные колонны»: *«... при нынешних очень высоких зданиях колонна от земли до 5-го - 6-го этажа оказывается толщиной около двух метров в диаметре и, несмотря на такую дикую толщину, кажется спичкой. И вот я изобрел спаренную колонну, которая при такой же высоте имеет лишь один метр в диаметре и кажется весьма монументальной»* [9]. Такие колонны использованы в доме «Динамо» в Москве (1931 г). Здесь произошел сплав конструктивизма и классики – это два графических слоя, читаемых и порознь, и вместе. Принцип **стилизации как диалога** между современным стилем и формами прошлого характерно для «соцреализма» и был его программной установкой, а также и установкой «мира искусств» (1912 г) на освоение фольклорных традиций, в частности, прославивших Ф.О. Шехтеля. Некоторые постройки Фомина, например, политехнический институт в Иванове (1928г.), выглядят как примеры «двойного кодирования»: в искажениях классики очевидна ирония (рис. 1). Тонко чувствующий мастер не мог сделать это случайно, но нет также никаких свидетельств, что он намеренно строил «тупую классику» для пролетариев.



Рис. 1. И.А. Фомин, И.И. Фомин. Политехнический институт в Иванове, 1928

11. Диспозиция в модернизации форм классики. Современный материал, скажем, сборный железобетон, использованный для форм архаичного вида, представляет старое и новое как разные системы языка. Магическая архитектура «Абракасас» Р. Бофилла развивает традиции барокко с позиций сюрреализма: стеклянные колонны и отслоившийся карниз призваны обесмыслить тектонические принципы ордера, продемонстрировав нам условность «чтения» формы. Зритель становится свидетелем и участником многослойного языка архитектурного формообразования. Авторский диалог теперь зрим в форме.

Заметим, что в какой-то степени подобной могла быть реакция зрителей 34-го года, увидевших дом на Моховой улице, в котором соединились конструктивистский витраж и гипертрофированные колонны с капителями в рост человека, а также на конструктивистскую интерпретацию (Жолтовским) классических форм в деревянных арках главного входа ВСХВ в Москве 23 года.

12. Мода... О. Вагнеру понадобилась аналогия с модой, чтобы передать характер изменений во взгляде на архитектурную форму: *«Было бы нелепо, если бы люди в теннисных или велосипедных костюмах, в военной форме или клетчатых брюках жили бы в интерьерах, обставленных в стилях прошлых веков. Наше жилище должно быть простым, как наша одежда»* [1]. И столь же неустойчивым в определении современного, как мода в одежде. Мода «отслаивается» в стилях, лишая стили глобально-исторического значения, которое им придавалось в искусствоведении от Винкельмана.

... и дух времени. 40 лет тому, идеи преодоления сил земного тяготения, образы парения и полета, впечатление нематериальности и атектоничности предметов быта и аксессуаров одежды приобрели в искусстве широкую популярность. Мини-стиль английского модельера Мэри Куант в 62-м завоевал всемирное признание: мини-юбка и галстук-шнурок обошли мир. В жилище проникают низкие остекленные шкафы, «парящая» над полом тахта, мини-стул, скрытый телом сидящего, треугольный столик и трапециевидный плафон... – Это «стиль обмылков» – растворяющейся материи вещи и исчезающей четкости формы предмета. Мебель «двигалась» по квартире только на время, отыскивая себе более подходящее место, вещи-комбайны, формы которых всегда в состоянии развёртывания, – утверждают пространство, ценное само по себе как процесс трансформации.

В 60-е годы рождается движение самодетельной песни и абстрактных анекдотов, своей

простотой и детской наивностью противоположных высокопарному языку официальных произведений. В моду входят самовязанный свитер и борода, джинсы и другие аксессуары анти-официального стиля. Предлагая сопричастность к искусству, журналы печатают советы как, например, сделать современный торшер из удилыща и ядра для толкания. Устраиваются выставки самодеятельных художников, творящих скульптуру из корневищ деревьев и шишек. Формируется **язык аллюзий**: горизонтальные черточки на белой вазочке намекают на берёзу, а размытые пятна жёлтого и зеленого цвета на белой ткани – позволяют ощутить сияние летнего дня в целой роще берез. Раскрытие образа «за вещью» – путем декодирования несложной структуры изображения, существующего «поверх» и независимо от формы, – как знак пространственных ощущений, всегда вызывает удивление от открытия образа, выраженного абстрактно и знаково [10].

Одновременно с освоением космоса, Сибири и телевидения, в 60-е происходит становление домостроительной индустрии. Застройка кварталов тех лет вполне воплотила принципы равноценности компонент среды: бесконечный лабиринт пятиэтажек бесцельно устремленных вдаль – памятник дикой природе, песням у костра и туристской субкультуре.

Модернизм в архитектуре – закономерный этап развития проектной культуры, отмеченный рефлексией художника по поводу средств и методов своего труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мастера архитектуры об архитектуре. М.: Искусство, 1972. 590 с.
2. Гинзбург М.Я. Стиль и эпоха. М.: Госиздат, 1924. 238 с.
3. Маркс К. «Капитал» М.: Политиздат, 1973. 684 с.
4. Современное искусствознание Запада о классическом искусстве XIII - XVII вв. М.: Наука, 1975. 247 с.
5. Стеблин-Каминский. М.И. Миф. Л.: Наука, 1976. 104 с.
6. Жолтовский И.В. Постройки и проекты. М., Госиздат, 1956, 137 с.
7. Кринский В., Ламцов И., Туркус М. Элементы архитектурно-пространственной композиции. М.: Стройиздат, 1968. 168 с.
8. Сидоренко В.Ф. К проблематике композиции в художественном конструировании. Техническая эстетика № 11(155), 1976.
9. Мастера советской архитектуры об архитектуре. Т.1, М.: Искусство, 1975. 544 с.
10. Композиционные средства и приёмы художественной выразительности в дизайне. ТЭ №33. М.: Труды ВНИИТЭ, 1982. 100 с.

Gorozhankin V.K.

«MODERN» AND THE PROJECT CULTURE

Attaching a professional architect to design the ontology of architecture has changed: from the fifteenth century it became the language of image, «glued» to the forms of building object. Further development of language alters ontological models abstracted from forms-built buildings (category «style» in the modern era and the category of «space» in modern architecture).

Key words: composite form, architecture, graphic language.

Горожанкин Валентин Константинович, доцент кафедры архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: vk.goro@yandex.ru

Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.,

Обернихин Д.В., аспирант,

Рубанов В.Г., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Свентиков А.А., д-р техн. наук, проф.

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО СЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

nikulin137@yandex.ru

На основе модифицированного варианта нелинейной деформационной модели силового сопротивления железобетона разработана методика для определения трещиностойкости изгибаемых элементов трапециевидного сечения. Приведены аналитические зависимости, используемые для описания нелинейных диаграмм состояния бетона и арматуры. Для удобства практического применения предлагаемой методики расчета приведены алгебраические выражения, обеспечивающие определение интегральных геометрических характеристик эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона рассматриваемого трапециевидного сечения. Учитывая, что частным случаем трапециевидного сечения является прямоугольник, то методика расчета может использоваться для теоретического определения трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов как прямоугольной, так и трапециевидной формы. Для сопоставления расчетных величин изгибающих моментов, соответствующих стадии трещинообразования железобетонных элементов по нормальному сечению, составлен алгоритм, реализованный в программе расчета для персонального компьютера. С её помощью были выполнены численные исследования, некоторые результаты которых представлены в статье.

Ключевые слова: трещиностойкость, деформационная расчетная модель, диаграммы состояния бетона, диаграммы растяжения арматуры, изгибаемый элемент, трапециевидное сечение, численный эксперимент.

Наряду с железобетонными балками прямоугольного поперечного сечения в практике проектирования нередко встречаются элементы других форм, в том числе трапециевидные. При этом в учебной и научной литературе приводятся методики и примеры расчетов по двум группам предельных состояний в основном для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений [1, 2, 3, 4]. Чтобы восполнить этот пробел, в данной работе представлена методика расчета трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного сечения на основе применения нелинейных диаграмм деформирования бетона и арматуры [5, 6].

Диаграммы состояния бетона при сжатии и растяжении принимаются без ниспадающих участков [5] и характеризуются следующими параметрами: начальным модулем упругости E_{b2} , предельными сопротивлениями сжатию R_b и растяжению R_{bt} , а также соответствующими предельными относительными деформациями ε_{bu} и ε_{btu} (рис. 1).

Для аналитического описания диаграмм сжатия и растяжения бетона используем дробно-рациональную функцию следующего вида:

$$\sigma_i = \frac{E_{b2} \varepsilon_i (1 + D_j \varepsilon_i)}{1 + C_j \varepsilon_i}, \quad (1)$$

где E_{b2} – начальный модуль упругости бетона, общий для неоднородного сжатия и растяжения (см. рис. 1); D_j , C_j – параметры нелинейности деформирования бетона при неоднородном сжатии и растяжении, получаемые путем трансформирования исходных (эталонных) диаграмм на основе использования соответствующих энергетических критериев разрушения бетона ($j=b2$ – для диаграмм неоднородного сжатия, $j=bt2$ – то же, растяжения); σ_i , ε_i – текущие значения напряжений и деформаций сжатия ($i=b$) и растяжения ($i=bt$).

Подробная методика определения неизвестных величин (E_{b2} , D_{b2} , C_{b2} , D_{bt2} , C_{bt2} , ε_{bu} , ε_{btu}) представлена в работе [5].

Диаграмма растяжения арматуры принята с физической площадкой текучести (рис. 2).

Для её описания применяется кусочная функция, состоящая из одного линейного и двух нелинейных уравнений вида (1):

при $0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{el}$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s, \quad (2)$$

при $\epsilon_{el} < \epsilon_s \leq \epsilon_{yf}$

$$\sigma_s = \sigma_{el} + \frac{E_s (\epsilon_s - \epsilon_{el}) [1 + D_{s1} (\epsilon_s - \epsilon_{el})]}{1 + C_{s1} (\epsilon_s - \epsilon_{el})}, \quad (3)$$

при $\epsilon_{yf} < \epsilon_s \leq \epsilon_u$

$$\sigma_s = \sigma_y + \frac{E_{s2} (\epsilon_s - \epsilon_{yf}) [1 + D_{s2} (\epsilon_s - \epsilon_{yf})]}{1 + C_{s2} (\epsilon_s - \epsilon_{yf})}, \quad (4)$$

где E_{sn} – начальный модуль упругости арматуры; σ_{el} , ϵ_{el} – предел упругости и соответствующая относительная деформация арматуры; σ_y –

предел текучести арматуры; ϵ_{yf} – относительная деформация в конце площадки текучести (см. т. 2 на рис. 2); σ_u , ϵ_u – временное сопротивление и предельная относительная деформация при разрыве арматуры; C_{s1} , D_{s1} , C_{s2} , D_{s2} – параметры нелинейности кусочной функции, описывающей второй и третий участки диаграммы; E_{s2} – модуль упругости арматуры в начальной точке третьего участка.

Зависимости для определения неизвестных параметров кусочной функции (C_{s1} , D_{s1} , C_{s2} , D_{s2} , E_{s2}) представлены в работе [5].

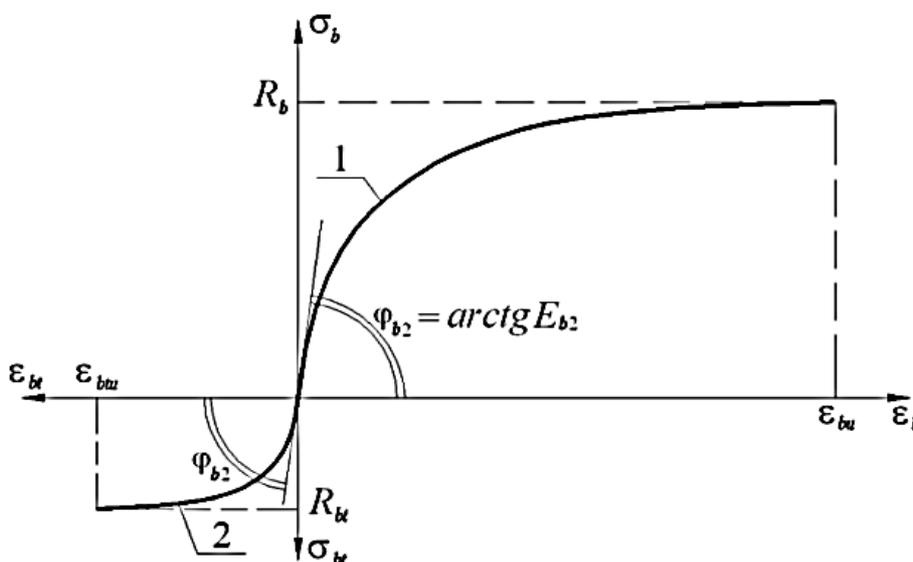


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии (кривая 1) растяжении (кривая 2)

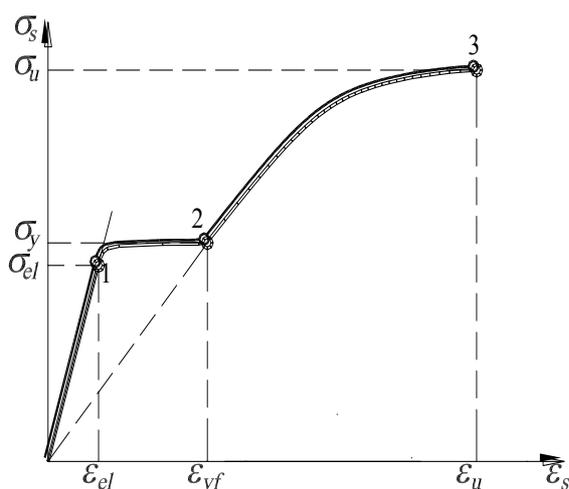


Рис. 2. Диаграмма растяжения арматуры с физической площадкой текучести

При разработке методики расчета трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов трапециевидной формы используем: уравнения равновесия, условия линейного распределения деформаций по сечению, а также нелинейные диаграммы деформирования бетона и арматуры.

Расчетная схема изгибаемого железобетонного элемента трапециевидного поперечного сечения на стадии трещинообразования представлена на рис. 3.

Ее аналитическое отображение приводит к следующим группам уравнений.

Уравнения равновесия в традиционной форме их записи имеют вид:

$$0,5(b_2 + b_x)x_c \omega_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} - 0,5(b_1 + b_x)x_t \omega_t R_{bt} - \sigma_{st} A_{st} = 0, \quad (5)$$

$$M_{crc} = 0,5(b_2 + b_x)x_c^2 \omega_c \gamma_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} (x_c - a_c) + 0,5(b_1 + b_x)x_t^2 \omega_t \gamma_t R_{bt} + \sigma_{st} A_{st} (x_t - a_t), \quad (6)$$

где M_{erc} – искомый изгибающий момент, соответствующий началу этапа трещинообразования сечения железобетонного элемента; σ_{bc} – величина фибрового напряжения бетона в сжатой зоне сечения; $\omega_c, \omega_t, \gamma_c, \gamma_t$ – интегральные геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона; x_c, x_t – высоты сжатой и растянутой зон бетона; σ_{sc}, σ_{st} – напряжения в сжатой и растянутой арматуре; b_1, b_2 – ширина, соответственно, нижней и верхней грани трапециевидного сечения элемента; h – высота сечения элемента; A_{sc}, A_{st} – площади сжа-

той и растянутой арматуры; a_c, a_t – расстояния от верхней и нижней грани сечения до центров тяжести сжатой и растянутой арматуры; b_x – ширина сечения на уровне нейтральной оси.

Для определения ширины (b_x) трапециевидного сечения элемента на уровне его нейтральной оси используется выражение:

$$b_x = b_1 + (b_2 - b_1) \cdot \left(1 - \frac{x_c}{h}\right). \quad (7)$$

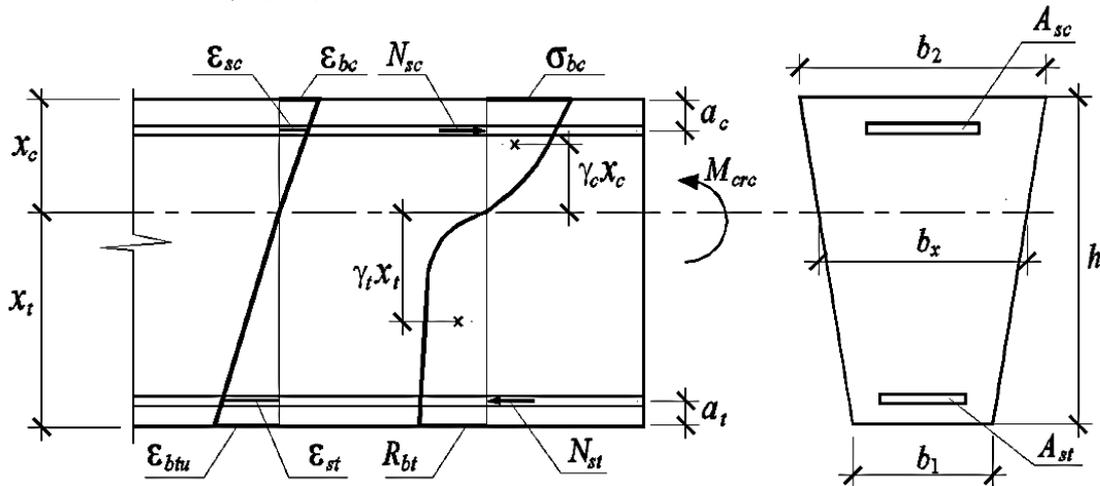


Рис. 2. Схема распределения деформаций, напряжений и усилий в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента трапециевидной формы на стадии трещинообразования

Коэффициенты полноты эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона (ω_c, ω_t) и относительные расстояния от нейтральной оси до центров тяжести соответствующих эпюр ($\gamma_c,$

γ_t) находятся с помощью следующих зависимостей, полученных авторами применительно к трапециевидному поперечному сечению изгибаемого железобетонного элемента:

$$\omega_c = \frac{E_{b2}}{\sigma_{bc} C_{b2}} \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{2} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{3} \right) + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{b_2 - b_1}{2} + \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \times \left(\frac{b_2 h}{x_c} - (b_2 - b_1) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) \right] \right\}, \quad (8)$$

$$\gamma_c = \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{3} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{4} \right) + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[\frac{b_2 h}{2 x_c} - \frac{b_2 - b_1}{2} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) - \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \times \left(\frac{b_2 h}{x_c} - (b_2 - b_1) \times \left(1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) \right] \right\} / \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{2} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{3} \right) + \right. \\ \left. + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[\frac{b_2 - b_1}{2} + \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \times \left(\frac{b_2 h}{x_c} - (b_2 - b_1) \times \left(1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) \right] \right\}, \quad (9)$$

$$\omega_t = \frac{E_{b2}}{R_{bt} C_{bt2}} \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{2} \left(\frac{b_1 h}{x_t} + \frac{b_2 - b_1}{3} \right) + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \right.$$

$$\times \left[\left(1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2}\varepsilon_{btu})}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \right) \times \left(\frac{b_1 h}{x_t} + (b_2 - b_1) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \right) \right) - \frac{b_2 - b_1}{2} \right] \}, \quad (10)$$

$$\gamma_t = \left\{ \frac{D_{bt2}\varepsilon_{btu}}{3} \left(\frac{b_1 h}{x_t} + \frac{b_2 - b_1}{4} \right) + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \left[\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2}\varepsilon_{btu})}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \right) \right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left(\frac{b_1 h}{x_t} + (b_2 - b_1) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \right) \right) - \frac{b_2 - b_1}{3} \right] \right\} / \left\{ \frac{D_{bt2}\varepsilon_{btu}}{2} \left(\frac{b_1 h}{x_t} + \frac{b_2 - b_1}{3} \right) + \right. \\ \left. + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \left[\left(1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2}\varepsilon_{btu})}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \right) \times \left(\frac{b_1 h}{x_t} + (b_2 - b_1) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{bt2}\varepsilon_{btu}} \right) \right) \right] \right\}, \quad (11)$$

где ε_{bc} , ε_{btu} – относительные фибровые деформации, соответственно, в сжатой и растянутой зонах сечения изгибаемого железобетонного элемента.

С учетом принятой гипотезы плоских сечений для рассматриваемого железобетонного элемента записываются следующие условия деформаций:

$$\frac{\varepsilon_{btu}}{x_t} = \frac{\varepsilon_{bc}}{x_c}, \quad (12)$$

$$x_t = h - x_c, \quad (13)$$

$$\frac{\varepsilon_{sc}}{\varepsilon_{bc}} = 1 - \frac{a_c}{x_c}, \quad (14)$$

$$\frac{\varepsilon_{st}}{\varepsilon_{btu}} = 1 - \frac{a_t}{x_t}, \quad (15)$$

где ε_{sc} , ε_{st} – относительные деформации сжатой и растянутой арматуры.

Величину фибрового напряжения бетона σ_{bc} получаем с использованием зависимости (1), описывающей диаграмму деформирования бетона при неоднородном сжатии, а неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре σ_{sc} , σ_{st} находятся с помощью универсальной кусочной функции (2)...(4), принятой для описания диаграмм деформирования арматурных сталей с физической площадкой текучести.

Таким образом, получена замкнутая система разрешающих уравнений для определения НДС изгибаемого железобетонного элемента трапециевидного сечения на стадии его трещинообразования. Поскольку ряд зависимостей носит нелинейный характер, то их численная реализация производится с использованием итерационных процедур.

Для проведения качественной и количественной оценки результатов, получаемых в рамках предлагаемой методики расчета трещи-

нотойности рассматриваемых элементов, был составлен соответствующий алгоритм и разработана программа «Balka_8T» для персонального компьютера, с помощью которой проведены численные исследования.

Принимаем во внимание, что частным случаем трапециевидного сечения является прямоугольник. Поэтому методика, алгоритм и программа расчета «Balka_8T» могут использоваться для теоретического определения трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов как прямоугольной, так и трапециевидной формы при любой прочности бетона и различном содержании сжатой и растянутой арматуры.

В качестве исследуемого эталонного образца был принят изгибаемый железобетонный элемент с размерами поперечного сечения прямоугольной формы $b \times h = 300 \times 450$ мм. Сравнимый железобетонный элемент трапециевидного сечения имеет такую же высоту ($h = 450$ мм) и ширину верхней грани ($b_2 = 300$ мм). При этом ширина нижней грани (b_1) принята двух типов: 150 мм и 100 мм. В первом случае ($b_1 = 150$ мм) экономия бетона по сравнению с эталонным прямоугольным элементом достигает 25 %, а во втором случае ($b_1 = 100$ мм) – 33 %. В ходе численного эксперимента варьировали следующими исходными данными: классами бетона (В15, В30, В50, В70); процентным содержанием растянутой арматуры класса А400 (0,5 %, 1,0 %, 3,0 %, 5,0 %). В сжатой зоне для всех образцов принята арматура класса А240 с постоянной площадью (0,5 %). В расчетах использовались нормативные характеристики бетона и арматуры с учетом кратковременного нагружения железобетонных элементов статической нагрузкой. В итоге общий объем рассчитываемых образцов составил 48. Основные результаты численных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные значения трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов прямоугольной и трапециевидной формы

Класс бетона	Процент армирования, %	Трещиностойкость сечения, кН·м			$\frac{M_{cr,2}}{M_{cr,1}}$, %	$\frac{M_{cr,3}}{M_{cr,1}}$, %
		Прямоугольное сечение ($M_{cr,1}$)	Трапециевидное сечение ($b_1 = 150$ мм) ($M_{cr,2}$)	Трапециевидное сечение ($b_1 = 100$ мм) ($M_{cr,3}$)		
В15	0,5	29,25	19,00	16,00	65,0	54,7
	1,0	35,09	25,35	22,50	72,2	64,1
	3,0	57,15	48,97	46,54	85,7	81,4
	5,0	77,35	70,20	68,05	90,8	88,0
В30	0,5	43,34	26,79	21,99	61,8	50,7
	1,0	49,86	33,91	29,26	68,0	58,7
	3,0	74,96	60,91	56,79	81,2	75,8
	5,0	98,64	85,99	82,25	87,2	83,4
В50	0,5	58,14	34,96	28,27	60,1	48,6
	1,0	65,44	42,94	36,44	65,6	55,7
	3,0	93,75	73,52	67,63	78,4	72,1
	5,0	120,80	102,31	96,89	84,7	80,2
В70	0,5	69,44	41,11	32,97	59,2	47,5
	1,0	77,32	49,74	41,81	64,3	54,1
	3,0	108,00	82,98	75,73	76,8	70,1
	5,0	137,49	114,45	107,73	83,2	78,4

Анализ полученных результатов, позволил выявить следующие закономерности:

– для всех рассмотренных классов бетона и при любом армировании растянутой зоны трещиностойкость элементов трапециевидного сечения оказалась на 9,2...52,5 % ниже, чем у эталонных образцов;

– трещиностойкость трапециевидных сечений, у которых ширина нижней грани принята 150 мм, значительно больше, чем у образцов с узкой гранью ($b_1 = 100$ мм). Наибольшие различия (10,3... 11,7 %) наблюдаются у слабоармированных элементов, а наименьшие (2,8...4,8 %) – у перearмированных;

– увеличение в заданных пределах процента армирования трапециевидных сечений при неизменной прочности бетона приводит к существенному повышению трещиностойкости. При этом наибольший рост значений наблюдается у низкопрочного бетона (В15) – в 4,25 раза, а для высокопрочного бетона (В70) этот рост несколько меньше – в 3,27 раза. Эта же тенденция сохраняется для значений $M_{cr,2}$, у которых для трапециевидных образцов из бетона В15 с увеличением содержания растянутой арматуры моменты трещинообразования повышаются в 3,69 раза, а для наиболее прочного из рассмотренных в численном эксперименте бетона В70 – в 2,78 раза. Для прямоугольных сечений указанные соотношения искомых величин несколько ниже и составляют, соответственно, 2,64 и 1,98 раза;

– увеличение прочности бетона для всех рассмотренных элементов приводит к повышению трещиностойкости их сечений в 1,58... 2,37 раза. При этом для малоармированных (0,5 %) образцов параметры роста относительных величин моментов трещинообразования ближе к максимальному значению их общего диапазона – 2,06...2,37 раза, а для перearмированных (5,0 %) сечений аналогичные величины ближе к минимальному значению их общего диапазона – 1,58... 1,78 раза.

В заключение следует отметить, что в рамках развития данной темы авторы планируют выполнить аналогичные исследования для оценки влияния формы трапециевидных сечений на деформативность изгибаемых железобетонных конструкций, что позволит добиться оптимальных технико-экономических результатов при проектировании конструкций рассматриваемого типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адищев В.В., Митасов В.М. Энергетический подход к моделированию процесса образования трещин в изгибаемых железобетонных элементах // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 4. С. 26–31.
2. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Евронормам: научное издание.– М.: Изд-во АСВ, 2011. 216 с.
3. Меркулов С.И. Развитие теории конструктивной безопасности объектов в условиях коррозионных воздействий // Вестник БГТУ им.

В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 44–46.

4. Меркулов С.И., Татаренков А.И. Оценка резерва несущей способности эксплуатируемых железобетонных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 66–69.

5. Никулин А.И. К построению расчетной модели для определения трещиностойкости железобетонных балок на основе энергетических соотношений // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2004. № 3–4. С. 78–

85.

6. Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Расчет прочности изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного сечения на основе применения нелинейных диаграмм деформирования бетона и арматуры // Актуальные вопросы науки и техники: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Вып. 2. Самара: ИЦРОН, 2015. С. 122–124.

Nikulin A.I., Obernih D.V., Rubanov V.G., Sventikov A.A.

BENDING CRACK RESISTANCE REINFORCED CONCRETE ELEMENTS OF TRAPEZOIDAL CROSS-SECTION BASED ON THE APPLICATION OF NONLINEAR DEFORMATION MODELS

Based on a modified version of nonlinear deformation model of power resistance reinforced concrete methodology for determination of bending crack resistance reinforced concrete elements of trapezoidal cross-section. Analytical dependencies are used to describe the nonlinear diagrams of condition of concrete and Rebar. For the convenience of the practical application of the proposed methodology are algebraic expressions, providing the definition of integral geometry diagrams of stresses in compressed and stretched zones of concrete reporting trapezoidal cross-section. Considering that the special case of trapezoidal cross-section is a rectangle, the method of calculation can be used for theoretical definitions section crack resistance of steel reinforced concrete elements as rectangular and trapezoid form. For comparison of calculated values of bending moments corresponding to the stage of cracking of reinforced concrete elements to normal cross-section is an algorithm implemented in the calculation program for the personal computer. It was performed numerical research, some results of which are presented in the article.

Key words: crack resistance, deformation calculation model, concrete state diagram, chart stretching reinforcement, bent elements, trapezoidal cross-section, numerical experiment.

Никулин Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: nikulin137@yandex.ru

Обернихин Дмитрий Вячеславович, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: pinky2601@mail.ru

Рубанов Василий Григорьевич, доктор технических наук, профессор директор института информационных технологий и управляющих систем.

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

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

Свентиков Андрей Александрович доктор технических наук, профессор.

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет.

Адрес: Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84.

Степанов А.М., канд. техн. наук, проф.,
Поспелова Е.А., канд. техн. наук, доц.,
Митякина Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

mks-06@mail.ru

В данной статье рассматриваются вопросы подтверждения соответствия конечной строительной продукции – зданий, строений и сооружений, а также подтверждение соответствия строительных материалов и изделий, используемых при их возведении. Для конечной строительной продукции – зданий, строений и сооружений используется в основном обязательное подтверждение соответствия в форме декларирования соответствия и иных обязательных формах. Процедуры обязательного подтверждения соответствия установлены в технических регламентах, имеющих отношение к строительству: технический регламент РФ «О безопасности зданий и сооружений», Технический регламент Евразийского экономического сообщества «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» и др. Эти регламенты содержат также процедуры добровольного подтверждения соответствия. Обязательное подтверждение соответствия строительных материалов и изделий предусмотрено как в технических регламентах, так и в специальных постановлениях Правительства РФ, которыми утверждается и периодически корректируются перечни продукции, в том числе строительной, подлежащей обязательной сертификации и декларированию соответствия. Основной формой подтверждения соответствия строительных материалов и изделий является принятие декларации о соответствии, хотя не исключается и их обязательная сертификация (цементы, щебень для балластного слоя железных дорог и др.). При подготовке данной статьи авторами использован опыт проведения обязательного и добровольного подтверждения соответствия продукции в строительстве, полученный путем участия в деятельности органа по сертификации «БелГТАСМ-сертификация», аккредитованного Росаккредитацией.

Ключевые слова: конечная строительная продукция, строительные материалы и изделия, технический регламент, обязательная сертификация, декларирование соответствия, добровольная сертификация.

Введение. Интеграция России в мировую торговлю, особенно после вступления в ВТО, требует от отечественных производителей предпринимать конкретные действия для повышения качества производимой продукции, выполняемых работ и услуг, с целью обеспечения их конкурентоспособности как на внутреннем, так и на мировых рынках сбыта. При этом немаловажную роль играют процедуры подтверждения соответствия и необходимые для их выполнения испытания продукции, результаты которых являются доказательной базой ее безопасности и наличия потребительских свойств (качества).

Это в полной мере относится к конечной строительной продукции и к строительным материалам и изделиям, используемым при возведении зданий, строений и сооружений, номенклатура которых широка и разнообразна. Это промышленная продукция (отделочные и кровельные и другие материалы), продукция промышленности строительных материалов (цемент, известь, гипс и т. д.), строительной индустрии (изделия и конструкции). Обязательное подтверждение соответствия строительной продукции осуществляется в форме декларирования и обязательной сертификации, добровольное – в форме добровольной сертификации.

Обязательное подтверждение соответствия. Обязательное подтверждение соответ-

ствия называется сертификацией в законодательно регулируемой области. Основным нормативным документом, на соответствие которому проводится обязательная сертификация продукции, является технический регламент.

Согласно федеральному закону № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1], технический регламент – это документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Такие регламенты принимаются в целях защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей; обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

Ответственность за выполнение требований технических регламентов берет на себя государство.

В настоящее время к конечной строительной продукции и к строительным материалам и изделиям имеют прямое отношение следующие технические регламенты:

– «О безопасности зданий и сооружений»; принят федеральным законом № 384-ФЗ от 30.12.2009 года;

– «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий»; это технический регламент Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС), его проект разработан Российской Федерацией в апреле 2011 года, регламент проходит публичное обсуждение;

– «Безопасность автомобильных дорог»; это технический регламент Таможенного союза № ТР ТС 014/2011, который был введен в действие 18 октября 2011 года решением Комиссии Таможенного Союза № 827.

Эти технические регламенты устанавливают требования безопасности к зданиям и сооружениям, к строительным материалам и изделиям.

Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» [2] устанавливает правила обязательной оценки соответствия зданий и сооружений на всех стадиях их жизненного цикла в форме:

– 1) заявления о соответствии проектной документации требованиям технического регламента. Оно оформляется лицом, подготовившим проектную документацию, в виде *заверения* о том, что проектная документация разработана в соответствии с заданием на проектирование и соответствует требованиям технического регламента;

– 2) государственной экспертизы результатов инженерных изысканий и проектной документации;

– строительного надзора;

– государственного строительного надзора;

– ввода объекта в эксплуатацию.

Оценка по всем перечисленным здесь формам осуществляется в соответствии с правилами, установленными законодательством о градостроительной деятельности, т. е. не используя требования технического регламента,

которые на эти виды деятельности в регламенте не установлены.

– 3) *подписания документа* лицом, осуществляющим строительство (либо лицом, осуществляющим строительство и застройщиком,- в случае осуществления строительства на основании договора-подряда), подтверждающего соответствие построенного, реконструированного или отремонтированного здания или сооружения *проектной документации*;

– 4) *подписания документа* лицом, осуществляющим строительство, подтверждающего соответствие построенного, реконструированного или отремонтированного здания или сооружения требованиям *технического регламента*. Такая оценка проводится лицом, осуществлявшим строительство после окончания строительства, реконструкции, капитального ремонта здания или сооружения, до ввода его в эксплуатацию.

Технический регламент Евразийского экономического сообщества «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» [3] предусматривает совсем иную (на наш взгляд более совершенную) процедуру оценки их соответствия.

Оценка соответствия *зданий, сооружений и процессов* осуществляется последовательно на каждом этапе создания, эксплуатации и ликвидации строительного объекта в следующих обязательных формах:

– *декларирования достоверности* и соответствия результатов инженерных изысканий исполнителем заказчику на основе собственных доказательств;

– контроль исполнителем соответствия проектных работ и их результатов;

– государственная или негосударственная экспертиза проектной документации – для объектов, необходимость экспертизы которых установлена законодательством государства-члена ЕврАзЭС в области градостроительной деятельности;

– утверждение проектной документации заказчиком (застройщиком) для применения в строительстве;

– строительный контроль исполнителем применяемой документации, материалов, изделий и выполняемых ими строительных работ, включая проведение необходимых испытаний;

– контроль, испытания и поэтапная приемка заказчиком результатов скрытых работ, оказывающих влияние на надежность и безопасность строительных конструкций и инженерных систем зданий и сооружений, в соответствии с указаниями в проектной документации;

- авторский надзор за строительством;
- государственный строительный надзор за строительством, включая испытания для соответствующих объектов;
- приемка объекта заказчиком (застройщиком);
- выдача органом власти разрешения на ввод объекта в эксплуатацию;
- обследование и диагностика состояния объекта в процессе эксплуатации;
- государственный надзор за эксплуатацией;
- государственный надзор за ликвидацией объекта.

Оценка соответствия используемых *строительных материалов и изделий*, осуществляется в следующих формах:

- технический контроль выпускаемых изделий изготовителем на соответствие нормативной документации;
- обязательное подтверждение соответствия требованиям технического регламента в форме декларирования на основе собственных доказательств и доказательств, полученных с участием аккредитованного органа по сертификации или аккредитованной испытательной лаборатории;

Перечень таких материалов и изделий устанавливается в техническом регламенте. Он включает:

- строительное сырье и материалы, в которых регламентируется содержание радиоактивных веществ (показатели удельной эффективной активности естественных радионуклидов);
- материалы строительные, отделочные и облицовочные для стен и потолков (показатели пожарной и санитарной безопасности);
- материалы для покрытий пола полимерные, изделия погонажные из полимерных материалов, материалы изоляционные и звукоизоляционные, краски и эмали строительные (показатели пожарной и санитарной безопасности);
- кровельные и гидроизоляционные материалы (показатели пожарной опасности);
- трубы и фитинги из пластмасс для питьевого водоснабжения (показатели санитарной безопасности);
- оконные блоки алюминиевые, пластмассовые, деревянные, деревоалюминиевые и стеклопакеты (показатели эксплуатационных свойств: теплозащиты, воздухопроницаемости, звукоизоляции);
- изделия для заполнения проемов в противопожарных преградах для каналов инженерных систем противоподымной защиты (предел огнестойкости);
- замки врезные и накладные, трубы из

полимеров для газопроводов (показатели механических свойств).

В регламенте предусмотрен также порядок подтверждения пригодности для применения в строительстве новых материалов и изделий, материалов и изделий зарубежного производства, свойства и характеристики которых не регламентированы действующими нормативными документами. Перечень наименований таких материалов и изделий приведен в регламенте, а правила проведения процедуры подтверждения пригодности каждое государство-член ЕврАзЭС устанавливает самостоятельно. При этом общие требования к процедурам декларирования строительных материалов и изделий, к процедурам подтверждения пригодности новых строительных материалов и изделий приведены в техническом регламенте.

Технический регламент Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» [4] устанавливает перечень дорожно-строительных материалов, подлежащих подтверждению соответствия в форме *декларирования соответствия*:

- песок природный для дорожного строительства (код ТН ВЭД ТС из 2505);
- песок дробленый для дорожного строительства (код ТН ВЭД ТС из 2517);
- щебень и гравий из горных пород для дорожного строительства (из 2517);
- цемент для дорожного строительства (из 2523);
- щебень и песок шлаковые для дорожного строительства (2618 00 000 0);
- битум нефтяной дорожный вязкий (2713 20 000 0);
- битум нефтяной дорожный жидкий (2713 20 000 0);
- дорожные битумные мастики и герметики (из 2713);
- минеральный порошок (из 2517).

Кроме того, подтверждению соответствия в форме *обязательной сертификации* подлежат:

- камни натуральные и искусственные бортовые (код ТН ВЭД ТС из 2516);
- трубы дорожные водопропускные (из 6810);
- плиты дорожные железобетонные (из 6810);
- лотки дорожные водоотводные (из 6815).

Порядок и процедура осуществления подтверждения соответствия для дорожно-строительных материалов и изделий проводится в соответствии с унифицированными процедурами, утвержденными Комиссией Таможенного союза. Установлено, что декларирование соответствия проводится по схемам 1д и 3д – для серийно выпускаемой продукции, по схеме 4д –

для партии продукции; обязательная сертификация проводится по схемам 1с и 3с.

В связи с тем, что техническое регулирование пока не охватывает все виды производимой продукции, определенная номенклатура товаров, подлежащих обязательной сертификации (декларированию) в Российской Федерации определяется постановлениями Правительства РФ.

На сегодняшний день действует постановление Правительства РФ № 982 от 1 декабря 2009 года «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии» [5], постановление Правительства РФ № 906 от 13 ноября 2010 года «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. № 982» [6] и постановление Правительства РФ № 930 от 3 сентября 2015 года [7], являющиеся дополнением к постановлению Правительства РФ № 982; оно вступает в силу с 3 марта 2016 года.

Согласно этим постановлениям, обязательной сертификации сегодня подлежит следующая строительная продукция:

- трубы полиэтиленовые напорные и для газопроводов;
- щебень для балластного слоя железных дорог из природного камня;
- цементы по коду ТН ВЭД 2523.

Подтверждению соответствия в форме принятия декларации о соответствии подлежат:

- материалы лакокрасочные: эмали, грунтовки антикоррозионные, олифы;
- блоки оконные и балконные дверные из алюминиевых сплавов;
- блоки оконные и балконные дверные деревянные, деревоалюминиевые;
- фанера общего назначения;
- плиты древесно-стружечные;
- блоки оконные и балконные дверные из полимерных материалов;
- стеклопакеты.

Добровольное подтверждение соответствия. Добровольному подтверждению соответствия в форме добровольной сертификации подлежат все строительные материалы и изделия, не вошедшие в перечни, утвержденные постановлениями Правительства РФ № 982 от 01.12.2009 г., № 930 от 03.09.2015 г. Добровольное подтверждение соответствия предусмотрено также техническими регламентами. Так, например, в техрегламенте «О безопасности зданий и сооружений» добровольная оценка соответствия зданий и сооружений, а также связанными с ними процессами проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуа-

тации и утилизации (сноса), осуществляется в форме негосударственной экспертизы результатов инженерных изысканий и проектной документации, авторского надзора, обследования зданий и сооружений, состояния их оснований, строительных конструкций и систем инженерного обеспечения, а также в иных формах, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

В техническом регламенте ЕврАзЭС «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» предусмотрены: добровольная сертификация проектной документации и программных средств, предназначенных для повторного применения в проектировании; добровольная сертификация работ, оказывающих влияние на надежность и безопасность строительных конструкций и инженерных систем зданий и сооружений; добровольное подтверждение соответствия межгосударственным и национальным стандартам и другим документам, – для материалов и изделий, не вошедших в перечень подлежащих обязательному подтверждению соответствия в форме декларирования.

Заключение. Подтверждение соответствия продукции в строительстве, используемых при возведении зданий и сооружений строительных материалов и изделий, осуществляется в основном в форме добровольной их сертификации. Обязательное подтверждение соответствия в формах декларирования соответствия и обязательной сертификации предусмотрено в основном в технических регламентах, имеющих отношение к созданию конечной строительной продукции – зданиям, строениям и сооружениям, а также к строительным материалам и изделиям, используемым при их возведении. При этом наиболее адекватными и рациональными, на наш взгляд, являются процедуры подтверждения соответствия, предусмотренные в проекте технического регламента ЕврАзЭС «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий», разработанного Российской Федерацией и находящегося в настоящее время в процессе публичного обсуждения. В постановлениях Правительства РФ «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии» предпочтение отдается декларированию соответствия; в каждом последующем постановлении перечень продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме декларации о соответствии, увеличивается, за счет уменьшения перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации; в этом прослеживается определенная тенденция [8].

По строительным материалам и изделиям исключением стало лишь постановление Правительства РФ № 930 от 3 сентября 2015 года, которым введена обязательная сертификация цемента; ранее подтверждение соответствия цемента осуществлялось вообще в форме добровольной сертификации. Это вызвано, видимо, особой значимостью такого строительного материала как цемент, от качества и безопасности которого во многом зависит качество, надежность, долговечность и безопасность конечной строительной продукции – зданий, строений и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании», 2002.
2. Федеральный закон № 384-ФЗ «О безопасности зданий и сооружений», 2009.
3. Технический регламент Евразийского экономического сообщества «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» (проект), 2011.
4. Технический регламент Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог», 2011.
5. Постановление Правительства РФ № 982 от 01.12.2009 г. «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии».
6. Постановление Правительства РФ № 906 от 13.11.2010 г. «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. №982».
7. Постановление Правительства РФ № 930 от 03.09.2015 г. «О внесении изменения в единый перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации».
8. Степанов А.М., Пospelova Е.А. Техническое регулирование в строительстве: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 169 с.

Stepanov A.M., Pospelova E.A., Mityakina N.A.

CONSTRUCTION PRODUCTS CONFORMITY VERIFICATION

This article deals with the final conformity of construction products – houses, buildings and structures as well as building materials and products conformity assessment used in construction process. Compulsive conformity verification in the form of conformity declaration other mandatory forms is applied for the final construction products – houses, buildings and structures. Procedures for mandatory conformity are established in the technical regulations pertaining to construction: the technical regulations of the Russian Federation «On the safety of buildings and structures», technical regulations of the Eurasian Economic Community «On safety of buildings, building materials and products» etc. These regulations also contain procedures voluntary conformity assessment. Mandatory conformity attestation of building materials and products is provided both in the technical regulations and in a special resolution of the Russian Federation Government which periodically approves and adjusts the lists of products including construction materials, subject to mandatory certification and declaration of conformity. The main form of building materials and products conformity assessment is declaration of conformity adoption though their mandatory certification (cement, crushed stone for a ballast layer of rail and others) is not eliminated. In preparing the present article the authors used the experience of mandatory and voluntary conformity assessment of construction products obtained by participating in the certification body «BelGTASM-certification» accredited by Rosaccreditation work.

Key words: *finite construction products, building materials and products, technical regulations, mandatory certification, declaration of conformity, voluntary certification.*

Степанов Анатолий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством

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

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

E-mail: mks-06@mail.ru

Пospelova Елена Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством

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

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

E-mail: mks-06@mail.ru

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Установлена взаимосвязь между давлением газовой фазы в формовочной массе с ее реологическими и гравитационными свойствами, диаметром пор, давлением внешней среды и поверхностным натяжением раствора. Уточнено уравнение Рэлея-Плессета, что позволило обосновать оптимальные режимы получения качественной высокопоризованной структуры с управлением внешним давлением газовой фазы, обеспечивающие возможность поризовать высоковязкие композиции и получать неавтоклавный газобетон с улучшенными свойствами.

Ключевые слова: формирование пористой структуры, ячеистый бетон, внешнее давление.

Разработаны технологические приемы, позволяющие управлять процессом формирования пористой структуры и значительно (в 1,5...2) снизить среднюю плотность ячеистых бетонов. Учет фактора внешнего давления позволяет поризовать высоковязкие композиции с введением значительно меньшего количества газообразователя, а также формировать пористую структуру композиций воздухом, вовлеченным и адсорбированным минеральным наполнителем композиционного вяжущего.

Уточнено уравнение Рэлея-Плессета:

$$P_r + P_{II} = P_a + P_{cm} + \rho_{cm} \left(R\ddot{R} + \frac{3}{2} \dot{R}^2 \right) + \frac{2\sigma}{R} + \frac{4\eta\dot{R}}{R} + P_{изб} \quad (1),$$

что позволило обосновать оптимальные режимы получения качественной высокопоризованной структуры с управлением внешним давлением газовой фазы, обеспечивающие возможность поризовать высоковязкие композиции и получать неавтоклавный газобетон с улучшенными свойствами.

В соответствии с уточненным уравнением Рэлея-Плессета (1), определяющим фактором при формировании ячеистой структуры газобетона является давление над поризуемой смесью, причем эффект поризации достигается за счет снижения внешнего давления до уровня вакуума, соответствующего 0,06...0,095 МПа. Газобетоны традиционно получают с использованием газообразователя, причем повышенного его количества. Однако пористую структуру можно получить не только за счет выделения газа, но и, как следует из уточненного уравнения Рэлея-Плессета (1), за счет фактора внешнего давления.

Установлена взаимосвязь между давлением газовой фазы в формовочной массе с ее реологическими и гравитационными свойствами, диаметром пор, давлением внешней среды и поверхностным натяжением раствора

при различных внешних воздействиях на формовочную смесь [1–4].

Усилие, противодействующее вспучиванию, равно

$$\frac{\pi d^2}{4} h \rho_c g + \frac{\pi d^2}{4} P_a + \pi d \sigma + \pi d h \left(\tau_0 + \eta \frac{dv}{dx} \right), \quad (2)$$

где P_r – давление газа в поре, Па; P_{II} – давление пара над формовочной смесью, Па; P_a – давление среды над формовочной смесью, Па; d – диаметр поры, м; h – расстояние поры от поверхности, м; ρ_c – средняя плотность формовочной массы до вспучивания, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па; η – коэффициент пластической вязкости, Па·с; $\frac{dv}{dx}$ – градиент изменения скорости деформации на единицу расстояния, с⁻¹; σ – поверхностное натяжение, Н/м.

Получено условие вспучивания формовочной смеси:

– при отсутствии вибровоздействия

$$P_{II} + P_r - P_a = h \rho_c g + \frac{4\sigma}{d} + 4 \frac{h}{d} \left(\tau_0 + \eta \frac{dv}{dx} \right) \quad (3)$$

– при наличии интенсивного вибровоздействия, когда $\tau_0 = 0$

$$P_{II} + P_r - P_a = h \rho_c g + 4 \frac{\sigma}{d} + 4 \frac{h}{d} \eta \frac{dv}{dx}. \quad (4)$$

Приведенные уравнения справедливы для системы «газовая пора + формовочная масса». Вспучивание – это динамичный процесс, а потому все параметры уравнения (3) изменяются во времени в процессе поризации.

Уравнение позволяет дать качественную оценку процесса вспучивания. Это можно сделать при условии, если рассматривать систему в строго определенный момент времени « t_x », и что на этот момент все параметры,

входящие в уравнение, будут постоянными, кроме давления газа в поре и ее диаметра. Далее, при вышеприведенных условиях, чтобы рассчитать давление в газовой поре, необходимо знать все значения параметров, входящих в это выражение на момент времени " t_x ", которые нужно определять экспериментально для каждой смеси, что представляет определенные трудности. Представляется возможным оценить величину давления в газовых порах при вспучивании конкретной газобетонной смеси. Например, для расчета можно использовать следующие экспериментальные значения параметров, входящих в выражение (1): принимаем $P_{II} = 0$; $\tau_0 = 26$ Па; $\eta = 0,94 \cdot 10^4$ Па·С; $h = 0,1$ и $0,3$ м; $\frac{dv}{dx} = 0,00185c^{-1}$; $\rho_c = 1600$ кг/м³; $\sigma = 0,07$ Н/м; $g = 9,8$ м/с²; $d = 0,001$ м.

При принятых данных расчеты по уравнению (3) показывают, что абсолютное давление газа в поре диаметром $0,001$ м на глубине $0,1$ м при вспучивании смеси с указанными выше параметрами должно быть равно $0,119$ ($0,109$) МПа, а на глубине $0,3$ м – $0,145$ ($0,126$) МПа. В скобках приведены значения давления газа для смесей, подвергнутых виброобработке.

Из выражения (3) следует, что до момента начала вспучивания массы (при $\frac{dv}{dx} = 0$) давление газа внутри ее должно достигнуть некоторого равновесного значения $P_{кр}$, необходимого для преодоления давления под смесью, ее силы тяжести и предельного напряжения сдвига, если вспучивание происходит без воздействия вибрации. При наличии достаточной вибрации $\tau_0 = 0$. Только после превышения давления газа внутри массы критической величины начнется ее вспучивание. Но по мере вспучивания смеси давление газа будет снижаться, и как только оно достигнет $P_{кр}$, вспучивание прекратится. Таким образом, в конце вспучивания смеси давление газа внутри ее превышает атмосферное.

Одним из способов вспучивания вязких композиций является снижение давления ($P_{изб}$) воздуха над смесью или вспучивание смеси в вакууме. Уменьшение давления над смесью обеспечивает расширение газовой поры с компенсацией сил тяжести и инерции, Лапласа и вязкости в соответствии с уточненным уравнением Рэлея-Плессета (1). Это реализовано в разработанной вакуумной технологии формирования пористой структуры ячеистого бетона [4–7].

Определяющая роль давления над пористой смесью при формировании

ячеистой структуры газобетона достигается за счет его снижения до уровня вакуума, соответствующего $0,06 \dots 0,095$ МПа.

При вспучивании вязких смесей с низким водовязущим отношением наряду с вакуумом возможны динамические воздействия на смесь, снижающие значимость сил вязкости.

Совместное воздействие вакуума и вибрации реализовано в разработанной вибровакуумной технологии формирования пористой структуры ячеистого бетона [1–4, 8].

При отсутствии внешнего динамического воздействия на ячеистобетонную смесь оптимальные для ее вспучивания характеристики достигаются при сравнительно высоком водосодержании ($В/Т = 0,55 \dots 0,7$) при атмосферном давлении над смесью.

Повышенное водосодержание ухудшает выходные параметры газобетона, а уменьшение водовязущего отношения при прочих равных условиях ухудшает вспучиваемость массы, так как увеличиваются средняя плотность и пластическая вязкость массы. Для того чтобы уменьшить водосодержание, предложено снижать давление над формовочной смесью и вспучивание смеси производить при одновременном воздействии на нее вакуума и вибрации.

Выполнены сравнительные испытания литьевой, вакуумной, вибрационной и вибровакуумной технологий. Смесь без газообразователя перемешивалась в течение 2 мин, затем с газообразователем 1 мин, после чего укладывалась в подогретую форму и вспучивалась. Продолжительность вспучивания при изготовлении ячеистого бетона по литьевой технологии – 20...30 мин. Режимы обработки смеси при изготовлении другими способами: при вакуумном – величину вакуума варьировали от $0,04$ до $0,08$ МПа, длительность вакуумирования – 5 мин; при вибрационном – частота колебаний составляла 50 с⁻¹, амплитуда – $0,3 \dots 0,4$ мм, продолжительность вибрирования – 2...3 мин; при вибровакуумном – величина вакуума варьировалась от $0,04$ до $0,08$ МПа, длительность вибровакуумирования – 2 мин, последующая выдержка в вакууме без вибрации – 5 мин.

Высоковязкая формовочная смесь приготавливалась следующим образом: сначала перемешивали композиционное вяжущее (портландцемент), воду и добавку, а затем в массу вводился наполнитель и порообразователь при необходимости. Форма, заполненная смесью примерно на 60 %, помещалась в вакуумкамеру, закрепленную на вибростоле. Камера герметично закрывалась. После

кратковременного вибрирования смеси в течение 10...15 с момента приобретения ею вязко пластичного состояния при нулевом вакууме в вакуумкамере постепенно создавалось требуемое разряжение с помощью вакуумнасоса.

Формовочная смесь подвергалась одновременному воздействию вибрации и вакуума в течение времени, пока вакуум не достигал заданного максимального значения. Затем вибрация прекращалась, а образцы выдерживались при заданном максимальном вакууме 5...7 мин с целью фиксации полученной структуры композита.

На основе полученных данных строилась зависимость величины пористости массы от водовяжущего отношения (В/В) и по ней определялось оптимальное В/В, обеспечивающее наибольшую пористость массы. Результаты испытаний представлены на

рис. 1, из которого видно, что зависимость величины пористости массы от В/В имеет экстремальный характер. Наибольшая пористость массы в каждом конкретном случае достигается при таком значении В/В, которое обеспечивает ей необходимые для вспучивания реологические характеристики, при этом оптимальное В/В отношение для конкретного состава смеси и данных условий при литьевом способе составляет 0,55, при вакуумном – 0,45, при вибрационном – 0,375, а при вибровacuумном – 0,23.

Данные рис. 2 подтверждают выводы о существенном влиянии способа вспучивания газобетонной смеси на оптимальное значение В/В, обеспечивающее формовочной массе наилучшую вспучиваемость. На величину В/В оказывают влияние состав смеси и конкретные условия производства.

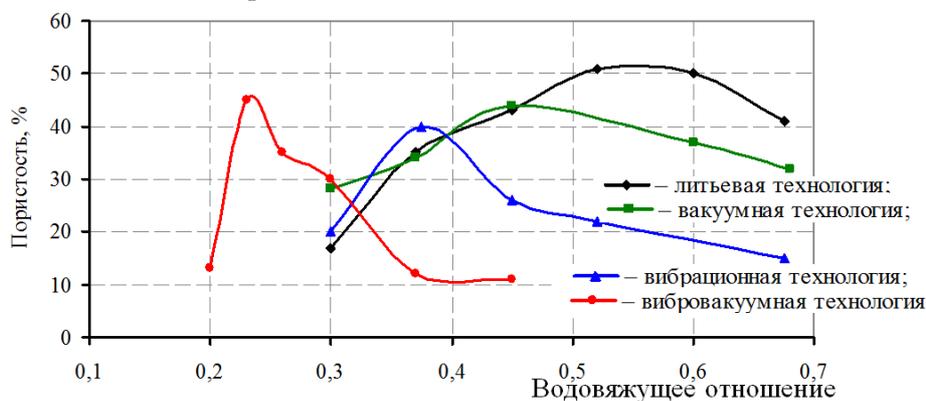


Рис. 1. Пористость газобетонной массы (на портландцементе) от водотвердого отношения при различных способах изготовления образцов

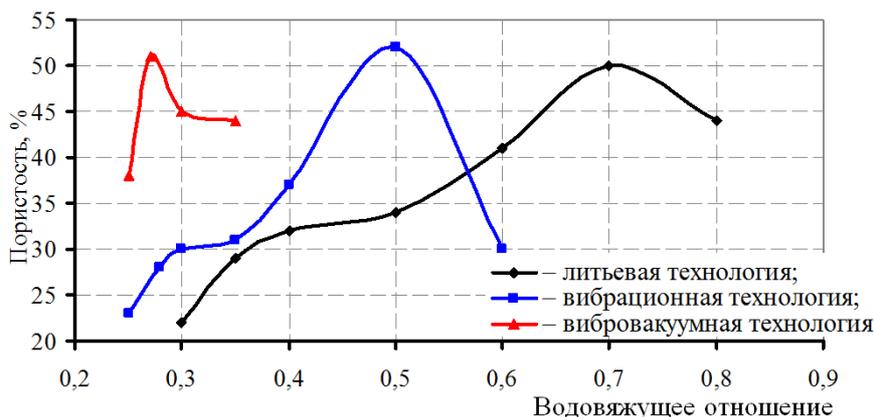


Рис. 2. Пористость газобетонной массы в зависимости от водовяжущего отношения

Так, из рис. 1 и 2 видно, что оптимальное значение В/В для составов смесей при литьевой технологии составляет 0,55...0,7; при вибрационной – 0,4...0,5; при вибровacuумной – 0,27...0,3. С изменением способа вспучивания сужается интервал оптимальных значений В/В,

при которых надежно обеспечивается вспучиваемость формовочной массы.

Применение формовочных смесей с более низким В/В приводит к повышению прочности бетона, что подтверждается экспериментально. Результаты испытаний ячеистобетонных образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты испытания ячеистобетонных образцов

Способ формования образцов	В/В	Средняя плотность, кг/м ³		R _{сж28} , МПа
		до вспучивания	после вспучивания	
Литьевой	0,6	1740	560	1,2
Вибрационный	0,4	1867	500	2,07
Вибровакуумный	0,3	1940	415	2,45

Применение, при прочих равных условиях, формовочных смесей с низким В/В отношением приводит к повышению прочности ячеистого бетона не менее 25 %, а в ряде случаев увеличению прочности до двух раз.

С величиной вакуума над смесью взаимосвязано оптимальное водовязущее отношение (рис. 3). С увеличением величины вакуума В/В отношение уменьшается при прочих равных условиях.

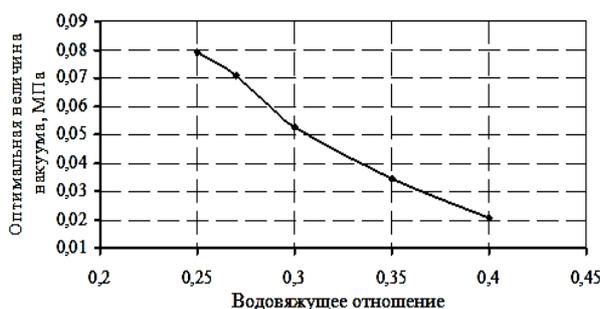


Рис.3. Зависимость оптимальной величины вакуума от В/В отношения

Пористость ячеистого бетона зависит от количества введенного газообразователя, каждый килограмм которого при $T = 30^{\circ}\text{C}$ в результате взаимодействия со щелочью выделяет 1390 л водорода. Чем больше будет алюминиевой пудры (пасты) в массе, тем больше должна быть пористость последней. Но при этом существуют критерии, которые определяют предельное содержание газообразователя в ячеистобетонной массе. К ним относится коэффициент использования газообразователя, который представляет собой отношение объема газа, удержанного массой, к объему всего газа, образовавшегося в массе в результате реакции. Коэффициент использования газообразователя зависит от реологических свойств формовочной массы и если газодерживающая способность ее достигнет предела, то дальнейшее увеличение расхода порообразователя не будет приводить к

повышению пористости. В этом случае часть газа будет удаляться из массы и теряться бесследно, что нежелательно. Поэтому проводились исследования по определению оптимального расхода пудры на 1 м³ вибровакуумированного газобетона на композиционном вяжущем.

В формовочную массу вводили различное количество газообразователя (0,11...0,22 % от массы цемента) в виде суспензии. Смесью вспучивали вибровакуумным способом и определяли ее пористость для каждого расхода газообразователя. Зависимость величины пористости от расхода газообразователя представлена на рис. 4.

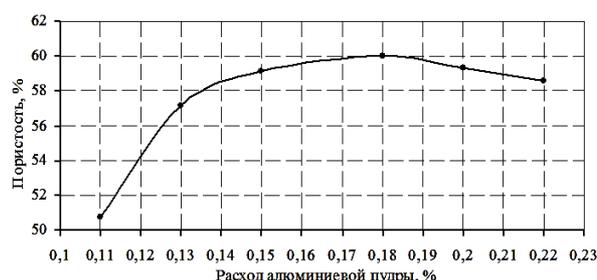


Рис. 4. Влияние расхода газообразователя на пористость ячеистой массы

Из рис. 4 следует, что содержание алюминиевой пудры в вибровакуумированном газобетоне не должно превышать 0,18...0,2 % от массы цемента. Дальнейшее увеличение расхода пудры не привело к увеличению пористости материала, а следовательно, нецелесообразно.

Неавтоклавный газобетон имеет ряд особенностей получения, которые не учтены в строительных нормах СН 277-80. В частности, так как газообразователь является основным компонентом при формировании пористой структуры газобетона, это потребовало уточнения расчета его количества. Предложен уточненный расчет количества газообразователя для получения газобетона с заданной пористостью.

Из выражения (3) определяется $P_{кр}$, а затем рассчитывается масса алюминиевой пудры по формуле:

$$m = \frac{P_{кр} \cdot \text{Пор}}{\alpha R T N}, \quad (5)$$

где Пор — пористость смеси, м³; α — коэффициент использования газообразователя; R — газовая постоянная, равная для водорода 4124,4 Дж/кг·К; T — температура смеси, равная $(273 + t^{\circ})$ К; N — количество водорода (кг), которое выделяет 1 кг алюминиевой пудры при температуре T .

Выражение (3) может быть применено и к реальным газам, но только при небольших давлениях, что характерно для нашего случая.

Пример расчета количества газообразователя. Исходные данные: $P_{op} = 0,6 \text{ м}^3$; $\rho_c = 1600 \text{ кг/м}^3$; $\tau_0 = 35 \text{ Па}$; $t = 30^\circ\text{C}$; $T = 303 \text{ К}$; $g = 10 \text{ м/с}^2$; $\alpha = 0,85$; $R = 4124,4 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$; $N = 0,125 \text{ кг}$; $h = 0,3 \text{ м}$; $d = 0,001 \text{ м}$; $\sigma = 0,07 \text{ Н/м}$; $K = 1390 \text{ л/кг}$.

Расчет количества алюминиевой пудры по СН 277-80 (на 1 м^3 смеси):

$$m = \frac{P_{op}}{\alpha K} = \frac{0,6}{0,85 \cdot 1390} = 0,508 \text{ кг.}$$

Уточненный расчет количества алюминиевой пудры при $P_{кр} = 0,1 \text{ МПа}$:

$$m = \frac{100000 \cdot 0,6}{0,85 \cdot 4124,4 \cdot 303 \cdot 0,125} = 0,453 \text{ кг.}$$

То же при $P_{кр} = 0,3 \cdot 1600 \cdot 10 + 4 \cdot 70 + 4 \cdot 300 \cdot 35 + 100000 = 147280 \text{ Па}$.

$$m = \frac{147280 \cdot 0,6}{0,85 \cdot 4124,4 \cdot 303 \cdot 0,125} = 0,665 \text{ кг.}$$

То же при вибровспучивании смеси ($\tau_0 = 0$):

$$P_{кр} = 0,3 \cdot 1600 \cdot 10 + 4 \cdot 70 + 100000 = 105280 \text{ Па;}$$

$$m = 0,475 \text{ кг.}$$

То же при высоте массива 1 м и вибровспучивании смеси ($\tau_0 = 0$):

$$P_{кр} = 1 \cdot 1600 \cdot 10 + 4 \cdot 70 + 100000 = 116280 \text{ Па;}$$

$$m = 0,525 \text{ кг.}$$

Предложен уточненный расчет газообразователя, учитывающий реологические и гравитационные свойства формовочной массы, высоту вспучиваемого массива и характер воздействия на него при поризации, что особенно важно для смесей с низким водотвердым отношением и для получения ячеистобетонной смеси с заданной пористостью.

Достижение наилучшей вспучиваемости газобетонной смеси и образование качественной пористой структуры ячеистого бетона возможно в том случае, если соответствующим образом взаимоувязаны скорости протекания процессов газообразования и изменения реологических свойств массы.

Процесс вспучивания должен протекать таким образом, чтобы в момент интенсивного газообразования смесь обладала оптимальными для вспучивания характеристиками, а к концу газообразования и формирования пористой структуры последняя фиксировалась за счет сравнительно быстрого возрастания вязкости смеси и предельного напряжения сдвига.

Если скорость газообразования будет превышать скорость нарастания вязкости массы, то к концу ее вспучивания не зафиксируется полученная структура и произойдет осадка смеси. Если скорость нарастания вязкости массы будет превышать скорость газообразования, то возможно сравнительно небольшое вспучивание смеси и образование слоистой, рыхлой, неоднородной структуры бетона. Таким образом, только целенаправленное управление этими процессами дает возможность получить высококачественный материал.

Реологические характеристики ячеистобетонных смесей можно регулировать путем введения в них различных добавок поверхностно-активных веществ, стабилизаторов структуры, ускорителей и замедлителей схватывания вяжущих веществ, а также путем динамического воздействия на смеси.

Кинетика газообразования и вспучивания массы обуславливается размером и чистотой поверхности частиц газообразователя, pH и температурой среды, наличием активаторов газообразования и др.

Существенно улучшить процесс структурообразования можно за счет применения поверхностно-активных веществ, при этом получается наиболее равномерно распределенная структура пор. Исследования показывают, что введение в смесь суперпластификатора в количестве $0,2 \dots 0,6 \%$ от массы вяжущего существенно снижает В/В и повышает прочность бетона.

Повышение температуры смеси ускоряло процесс ее вспучивания и нарастания пластической прочности. В случаях, когда температура массы значительно ниже $40 \dots 42^\circ\text{C}$, процесс газообразования хотя и протекал интенсивно, отставал от роста пластической прочности смеси. Газообразование заканчивалось в уже схватившейся смеси. Пузырьки газа не могли ее вспучивать и, локализуясь, нарушали структуру газобетона, образуя полости, каверны. Поры имели неправильную форму, с острыми углами, а газобетон получался с повышенной средней плотностью и пониженной прочностью.

В случаях, когда температура смеси превышала оптимальную, газовыделение шло бурно, смесь быстро вспучивалась, как бы вскипала. Из-за недостаточной газодерживающей способности смеси часть газа из нее улетучивалась, структура нарушалась и смесь давала осадку.

Исследованиями установлено, что и при вибровакuumном способе изготовления образцов

температура смеси в момент заливки ее в форму 40...42 °С при температуре формы 54...56 °С является оптимальной, позволяющей получать бетон с наилучшими физико-механическими характеристиками и равномерной пористой структурой.

Каждому составу газобетонной массы и каждому водовязущему отношению соответствует оптимальный режим вибровакуумирования, обеспечивающий получение наибольшей пористости, и наоборот, каждому режиму вибровакуумирования соответствует определенный оптимальный состав газобетонной смеси, обеспечивающий получение материала с наилучшими характеристиками.

Уточнялось время выдерживания вспученной смеси в вакууме после вибровакуумирования. Для этого выдерживали вспученные смеси с различным В/В при оптимальном значении вакуума в течение 5, 10 и 20 мин. Уточнялась длительность вибровакуумирования и другие параметры режима. Вибрирование осуществлялось в начальный и конечный периоды вакуумирования в течение 30, 90, 150 и 180 с. Также смесь подвергалась прерывистому вибрированию в течение 30 с с интервалом в 1 мин.

Исследования показывают, что при В/Т = 0,28 оптимальное время выдержки смеси в вакууме после вибровакуумирования 5 мин, при В/Т = 0,3 и 0,35 – 10 мин. В результате, для смеси на композиционном вяжущем и с В/В = 0,28 установлен следующий режим обработки: вибровакуумирование при оптимальном вакууме 0,06 МПа – 1,5...2 мин, последующая выдержка в вакууме – 5 мин. Установленный режим обработки смеси согласуется с кинетикой изменения вязкости газобетонной смеси при динамическом воздействии на нее.

Дополнительное воздействие вакуума позволяет существенно снизить среднюю плотность ячеистобетонной смеси, предварительно вспученной традиционными способами поризации.

В зависимости от интенсивности внешнего воздействия вакуума среднюю плотность газозодухосодержащих масс можно снизить до 2 раз, например, с 800 кг/м³ до 400 кг/м³ (рис. 5). Используя фактор избыточного давления как основу создания пористой структуры, можно сократить количество газообразателя в газобетонных смесях, а также осуществить формирование пористой структуры композиций за счет воздуха, вовлеченного в смесь минеральным наполнителем.

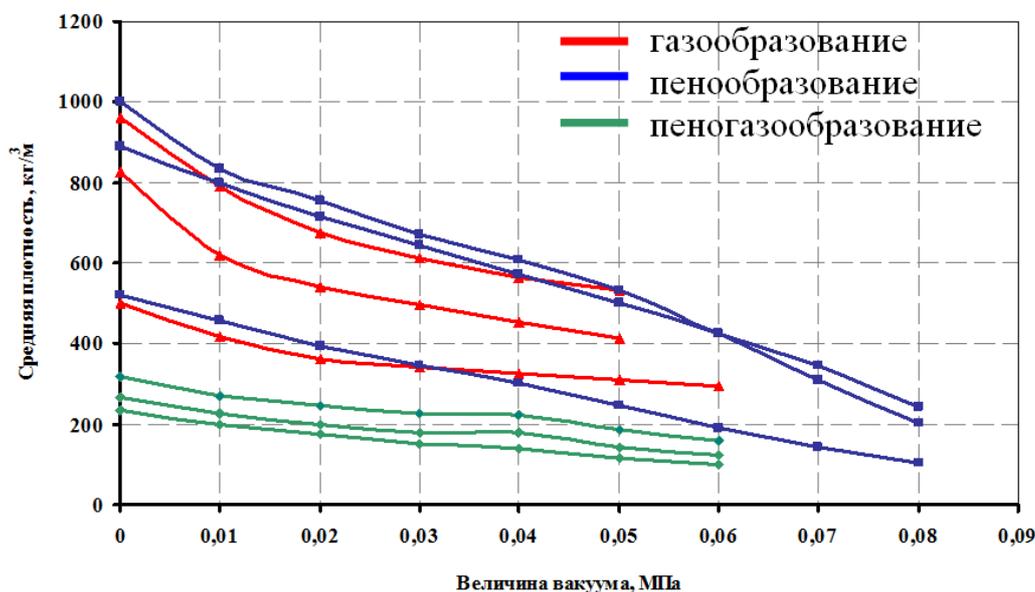


Рис. 5. Средняя плотность газозодухосодержащих масс при дополнительном воздействии вакуума

Применение вибровакуумирования в сочетании с традиционным способом позволяет при прочих равных условиях значительно снизить среднюю плотность материала, а, следовательно, повысить его экономичность и эффективность.

Экспериментально показано, что, используя фактор внешнего давления как основу создания структуры, можно уменьшить количество газообразателя и можно формировать пористую структуру композиций за счет воздуха, который содержится в минеральных наполнителях.

Дальнейшие проработки вопроса показали, что даже за счет воздуха, адсорбированного на поверхности мелких частиц композиционного вяжущего, и дополнительного воздуха, вовлекаемого в формовочную смесь при ее перемешивании, части воздуха, растворенного в воде, можно поризовать систему. Вся эта воздушная масса участвует в поризации формовочной смеси при ее вибровакуумировании. Чем больше в целом воздуха содержится в смеси, тем выше при прочих равных условиях ее пористость. Одновременно изменяется В/В отношение как основной фактор, влияющий на качество цементного камня мембраны.

Вибровакуумированный неавтоклавный ячеистый бетон на композиционном вяжущем характеризуется улучшенной микроструктурой порового пространства (рис. 6) и предельно низкими значениями среднего диаметра пор $d_{\text{пер}} = 0,18$ мкм, что обеспечивает высокие физико-механические характеристики неавтоклавного газобетона на композиционном

вяжущем: $\rho_c = 200...700$ кг/м³, $R_{\text{сж}} = 0,4...5$ МПа, $\lambda = 0,056...0,12$ Вт/м·°С, F15...50.

Долговечность конструкций из ячеистых бетонов главным образом зависит от его морозостойкости, атмосферостойкости и водопоглощения. Без видимых разрушений образцы из вибровакуумированного ячеистого бетона D500...D600, выдержали 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Также для управления процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов предложен способ совмещения процессов вспучивания смеси и тепловой обработки изделий в едином тепловом агрегате, позволяющий более полно использовать потенциальные возможности газообразователя, применять холодные формовочные смеси, исключить подогрев форм и предварительную выдержку изделий перед тепловлажностной обработкой, сократить производственный цикл на 2...9,5 ч, и в целом упростить технологический процесс и получить теплоизоляционный газобетон с $\rho_c = 160...220$ кг/м³ и с прочностью $R_{\text{сж}} = 0,3...0,63$ МПа.

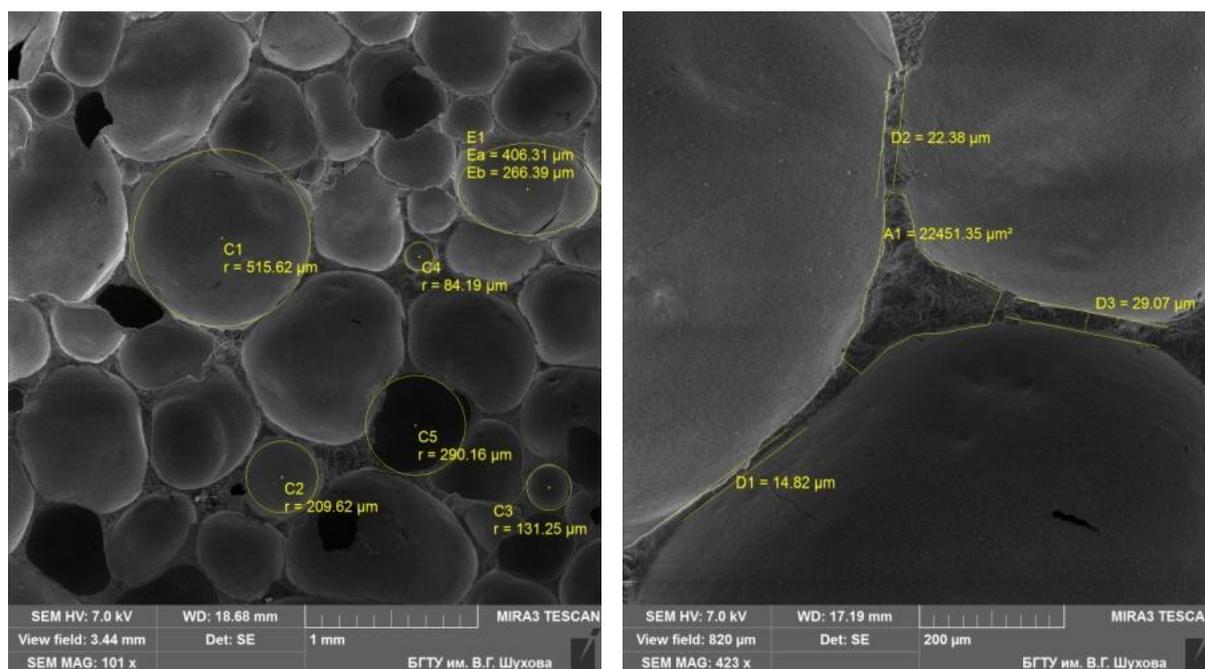


Рис. 6. Микроструктура вибровакуумированных газобетонных изделий на композиционных вяжущих

Газобетоны традиционно получают с использованием газообразователя, причем повышенного его количества. Однако пористую структуру можно получить не только за счет выделения газа, но и, как следует из уточненного уравнения Рэля-Плессета (1), за счет фактора внешнего давления.

Разработанные технологические приемы управления процессом формирования пористой

структуры значительно снижают среднюю плотность ячеистых бетонов.

Получению высокопоризованных композиций с заданными свойствами при минимальных затратах способствует и уточненная методика расчета количества газообразователя, учитывающая давление газа в порах вспучивающейся смеси, ее реологические свойства, среднюю плотность, высоту массива, внешнее воздействие на смесь.

Установленная взаимосвязь между давлением газовой фазы в формовочной массе с ее реологическими и гравитационными свойствами, диаметром пор, давлением внешней среды и поверхностным натяжением раствора, позволила обосновать оптимальные режимы получения качественной высокопоризованной структуры с управлением внешним давлением газовой фазы, обеспечивающие возможность поризовать высоковязкие композиции и получать неавтоклавный газобетон с улучшенными свойствами.

Получен неавтоклавный вибровакуумированный ячеистый бетон на композиционном вяжущем с улучшенными структурой и физико-механическими характеристиками: $\rho_c = 200...700 \text{ кг/м}^3$, $R_{сж} = 0,4...5 \text{ МПа}$, $\lambda = 0,056...0,12 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, F15...50.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладков Д.И., Ерохина Л.А., Загороднюк Л.Х. Вибровакуумная технология ячеистых бетонов // Бетон и железобетон. 1991. № 9. С. 13.
2. Сулейманова Л.А. Вибровакуумированный ячеистый бетон: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1997.
3. Сулейманова Л.А. Вибровакуумированный ячеистый бетон. Белгород, 1997.
4. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И. Новые технологии высокопоризованных бетонов // В сборнике: Поробетон-2005. Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. С. 6–16.
5. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113–116.
6. Сулейманова Л.А., Погорелова И. А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов. Белгород, 2009.
7. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 98–102.
8. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавно твердения на композиционных вяжущих: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013.

Suleymanova L.A.

MANAGEMENT THE PROCESS OF FORMATION OF POROUS STRUCTURE OF CELLULAR CONCRETE

The interrelation is established between the pressure of the gas phase in the molding composition and its rheological and gravitational properties pore diameter, the pressure of the environment, and the surface tension of the solution, the equation of Rayleigh-Plesset was specified and it allowed to substantiate the optimal modes of getting quality high-porous structure with the management of the external pressure of the gas phase, ensuring a possibility to create porous structure of highly viscous compositions and obtain non-autoclave aerated concrete with improved properties.

Key words: formation of a porous structure, aerated concrete, external pressure

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

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

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

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, проф.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Жуков А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К ВОПРОСУ О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОМОЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА

olimp69@narod.ru

В данной статье проведено теоретическое исследование зависимости пропускной способности агрегата дезинтеграторного типа от его конструктивно-технологических параметров. Представлена расчетная схема для определения пропускной способности основных узлов агрегата дезинтеграторного типа. Получено аналитическое выражение, определяющее массовую пропускную способность в зоне слияния двухфазных потоков, поступающих с правой и левой пар роторов агрегата.

Ключевые слова: двухфазный поток, агрегат, пропускная способность.

Дезинтеграторы являются одним из основных видов помольного оборудования, обеспечивающего получение готового продукта с заданным гранулометрическим составом [1].

Пропускная способность агрегата дезинтеграторного типа зависит прежде всего от

конструктивных и технологических параметров узла загрузки, камеры помола, а также разгрузочной части.

Рассмотрим пропускную способность агрегата дезинтеграторного типа, представленного на рис. 1.

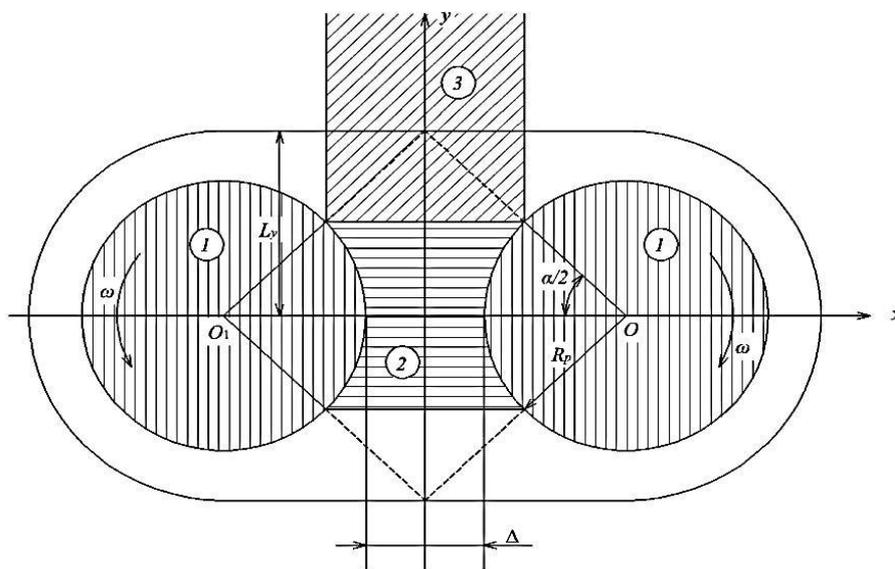


Рис. 1. Расчетная схема для определения пропускной способности агрегата дезинтеграторного типа.

Разобьем движение двухфазного потока от узла загрузки материала в точке «О» до разгрузочной части на следующие зоны по своей пропускной способности: зона 1 от узла загрузки до внешнего ряда ударных элементов с радиусом ротора R_p ; зона 2 определяется размерами слияния двухфазных потоков, поступающих с правой и левой пар роторов агрегата; зона 3 опреде-

ляется площадью выходного отверстия разгрузочной части.

Массовую пропускную способность двухфазного потока через каждую из зон можно найти исходя из предположения о движении пористой упругопластичной среды на основании следующего соотношения [2]:

$$Q_n = \frac{d}{dt} \iiint_{V_n} \gamma_n(r) dV_n, n = 1, 2, 3. \quad (1)$$

где n – номер зоны; $\gamma_n(r)$ – плотность двухфазного потока, проходящего через « n » – зону; dt – промежуток времени, в течение которого двухфазный поток переместится вдоль рассматриваемой зоны.

Вычислим Q_0 – массовый расход материала, поступающего через каждый из загрузочных патрубков на основании следующего соотношения:

$$Q_0 = \frac{\gamma_0 \cdot V_0}{t}, \quad (2)$$

где γ_0 – насыпная плотность исходного материала; V_0 – объем поступающего материала за время t ; t – время, в течение которого ротор повернется на угол α .

Значение угла α на основании расчетной схемы, представленной на рис. 1, равно:

$$\alpha = 2 \arctg \frac{L_y}{R_p + \frac{\Delta}{2}}, \quad (3)$$

Если обозначить через « ω » частоту вращения ротора, тогда

$$t = \frac{\alpha}{\omega}. \quad (4)$$

Подстановка (4) с учетом (3) в (2) приводит к соотношению:

$$Q_0 = \frac{\gamma_0 \cdot V_0 \cdot \omega}{\alpha}, \quad (5)$$

Вычислим массовую пропускную способность двухфазного потока зоны 1. На основании (1) находим:

$$Q_1 = \frac{d}{dt} \iiint_{V_1} \gamma_1(r) dV_1, \quad (6)$$

$$Q_1 = h\alpha \frac{\omega}{2f} \left(\gamma_0 \int_0^{R_p} r dr + 2 \frac{\gamma_k - \gamma_0}{R_p} \int_0^{R_p} r^2 dr \right) = h\alpha \frac{\omega}{2f} \left(\gamma_0 \frac{R_p^2}{2} + \frac{2}{3} \frac{\gamma_k - \gamma_0}{R_p} R_p^3 \right) = \frac{\alpha \cdot \omega \cdot h \cdot R_p^2}{12} (4\gamma_k - \gamma_0). \quad (13)$$

На основании равенства массовых пропускных способностей (5) и (13) можно получить следующее выражение:

$$\frac{\alpha \cdot \omega \cdot h \cdot R_p^2}{12} (4\gamma_k - \gamma_0) = \frac{\gamma_0 \cdot V_0 \cdot \omega}{\alpha}. \quad (14)$$

где $\gamma_1(r)$ – плотность фазового потока на выходе из зоны 1. Если предположить, что изменение плотности двухфазного потока происходит по линейному закону, а именно от значения γ_0 при $r = 0$ до значения γ_k при $r = R_p$, тогда можно записать следующее соотношение:

$$\frac{\gamma_1(r) - \gamma_0}{\gamma_k - \gamma_0} = \frac{r}{R_p}. \quad (7)$$

На основании (7) находим:

$$\gamma_1(r) = \gamma_0 + \frac{\gamma_k - \gamma_0}{R_p} r. \quad (8)$$

Вычисление интеграла (6) в цилиндрической системе координат с учетом (8) позволяет получить следующий результат:

$$Q_1 = \frac{d}{dt} \left\{ \int_0^h dz \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} d\varphi \int_0^{R_p} \left(\gamma_0 + \frac{\gamma_k - \gamma_0}{R_p} r \right) r dr \right\}. \quad (9)$$

На основании (9) находим:

$$Q_1 = \alpha h \int_0^{R_p} \left(\gamma_0 \frac{dr}{dt} + 2 \frac{\gamma_k - \gamma_0}{R_p} r \frac{dr}{dt} \right) dr. \quad (10)$$

Согласно определению радиальной скорости перемещения материала имеем:

$$\frac{dr}{dt} = g_r, \quad (11)$$

где для радиально расположенных ударных элементов на основании результатов работы [3] имеем:

$$g_r = \frac{\omega \cdot r}{2f}. \quad (12)$$

Подстановка (12) в (10) приводит к следующему результату:

Согласно формуле (14) находим, что для согласованного прохождения материала через ряды ударных элементов и загрузочный патрубок необходимо, чтобы объем загрузки равнялся следующей величине:

$$V_0 = \frac{\alpha^2 h R_p^2}{12} \left(\frac{4\gamma_k}{\gamma_0} - 1 \right). \quad (15)$$

Для вычисления массовой пропускной способности зоны 2 необходимо положить

$$\gamma_2(r) = \gamma_k = \text{const} \text{ и } V_2 = \text{const}.$$

Поэтому для данного случая формула (1) трансформируется в соотношение:

$$Q_2 = \frac{\gamma_k S_2 h}{t}, \quad (16)$$

где t – время прохождения углового размера « α » зоны 2, которое выражается соотношением (4), а S_2 – площадь зоны 2, значение которой на основании работы [4] равна:

$$\left[2 \left(2 + \frac{\Delta}{R_p} \right) \sin \frac{\alpha}{2} - \alpha - \sin \alpha \right] = \frac{\alpha^2}{12} \left(4 - \frac{\gamma_0}{\gamma_k} \right). \quad (20)$$

Для вычисления массовой пропускной способности выходного отверстия в зоне 3 необходимо в формуле (1) положить $\gamma_3 = \gamma_k = \text{const}$ и

$$Q_3 = \frac{d}{dt} \iiint_{V_3} \gamma_k dV_3 = \gamma_k \frac{d}{dt} (V_3) = \gamma_k S_{\text{вых}} \frac{dy}{dt}. \quad (21)$$

Если учесть, что

$$\frac{dy}{dt} \cong \mathcal{G}_y \cong \omega \left(R_p + \frac{\Delta}{2} \right). \quad (22)$$

Подстановка (22) в (21) позволяет получить соотношение:

$$Q_3 = \gamma_k S_{\text{вых}} \omega R_p \left(1 + \frac{\Delta}{2R_p} \right). \quad (23)$$

Для того, чтобы осуществить свободный выход готового продукта из зоны 3, должно выполняться соотношение:

$$Q_3 = Q_2. \quad (24)$$

Подстановка (18) и (23) в (24) приводит к следующему результату:

$$S_{\text{вых}} = \frac{h R_p}{\alpha} \left[2 \left(2 + \frac{\Delta}{2R_p} \right) \sin \frac{\alpha}{2} - \alpha - \sin \alpha \right]. \quad (25)$$

Таким образом, полученные соотношения (15), (20), (25) определяют технологические и конструктивные параметры помольного агрегата

$$S_2 = R_p^2 \left[2 \left(2 + \frac{\Delta}{R_p} \right) \sin \frac{\alpha}{2} - \alpha - \sin \alpha \right]. \quad (17)$$

С учетом (4) и (17) выражение (16) принимает вид:

$$Q_2 = \frac{\gamma_k h R_p^2 \omega}{\alpha} \left[2 \left(2 + \frac{\Delta}{R_p} \right) \sin \frac{\alpha}{2} - \alpha - \sin \alpha \right]. \quad (18)$$

Минимальный поперечный размер « Δ » зоны 2, при котором будет происходить свободный проход материала через рассматриваемую зону, можно определить исходя из следующего соотношения

$$2Q_1 = Q_2. \quad (19)$$

Подстановка (13) и (18) в (19) приводит к следующему уравнению относительно неизвестной величины « Δ »:

$V_3 = S_{\text{вых}} \cdot y$, в этом случае (1) принимает вид:

дезинтеграторного типа, схематично представленного на рис. 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикалитных изделий. М.: Госстройиздат, 1962. 602 с.
2. Массалимов, И.А. Процессы обработки материалов в дезинтеграторе и их использование для активации химических превращений. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н. Уфа, УНЦРАН, 2008.
3. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. 2008. № 11–12. С. 93–96.
4. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В., Жуков А.А. Теоретическое исследование процесса смешивания компонентов в помольно-смесительном агрегате на базе мельницы дезинтеграторного типа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 78–79.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Zhukov A.A.

TO THE QUESTION ABOUT THE BANDWIDTH OF THE GRINDING UNITS DISINTEGRATING TYPE

In this article we present a theoretical study of the dependence of the bandwidth of the grinding unit disintegrating type from its constructive-technological parameters. Presents a calculation scheme to determine the bandwidth of the unit disintegrating type. Received analytical expression that defines the mass throughput in the confluence zone of two-phase flows coming from the right and left pairs of the rotor Assembly.

Key words: *two-phase flow, aggregate, bandwidth of pairs of rotors of the unit*

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Жуков Александр Александрович, аспирант кафедры механического оборудования.

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

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

Шрубченко И.В., д-р техн. наук, проф.,
Хуртасенко А.В., канд. техн. наук, доц.,
Гончаров М.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОНТАКТНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНАХ

msgon@ya.ru

Рассмотрено влияние погрешности формы и расположения на контактную прочность рабочих поверхностей опорного ролика и бандажа технологического барабана. Составлены расчетные модели позволяющие учитывать влияние на пятно контакта ошибок расположения ролика связанных с погрешностями монтажа или податливостью основания. Проанализированы закономерности изменения контактных напряжений при различных погрешностях формы бандажа. Расчеты выполнены в среде NX Advanced Simulation Расширенная симуляция (Siemens PLM Software Inc.).

Ключевые слова: роликоопоры, бандажи, оси, контактная прочность, пятно контакта, погрешности формы и расположения.

Погрешности формы и расположения деталей опор технологических барабанов, таких как бандажи и опорные ролики, могут возникать как в результате погрешностей при их изготовлении, так и в процессе монтажа и эксплуатации вследствие износа, пластических деформаций и других повреждений. Это негативно влияет на функционирование агрегата - нарушается номинальный контакт деталей опор, изменяется их заданное расположение, увеличивается неравномерность распределения нагрузки и как следствие интенсивность износа, появляются пластические деформации и потери на трение [1, 2].

Кроме того погрешности расположения могут быть связаны с упругими деформациями деталей и выборки зазоров при нагружении. Такие погрешности трудно идентифицировать в процессе эксплуатации ввиду их малости и поэтому требуется заранее, ещё на стадии проектирования, оценить влияние каждой из них на функционирование машины и по возможности сформулировать условия предупреждающие повреждение деталей.

В технологических барабанах погрешности формы и расположения бандажа 1 и ролика 2 (рис. 1) существенно изменяют характеристики зоны контакта. Поэтому для оценки их влияния на интенсивность износа, выкрашивания, появления пластических деформаций будем использовать величину контактных напряжений и анализировать закономерности их распределения по изменениям формы и размеров пятна контакта.

Прежде всего, рассмотрим эти проявления при различных отклонениях от номинального положения ролика относительно бандажа технологического барабана (при отсутствии погрешности их формы). Как правило, роликоопора технологического барабана состоит из рамы 3 и двух блоков, в каждом из которых установ-

лен опорный ролик 2 с осью, опирающейся на два подшипника. Ошибки расположения контактной поверхности ролика выразим через погрешности расположения подшипниковых опор его оси. Для этого сначала свяжем неподвижную систему координат ZXY (рис. 1 и 2) с бандажом в т. O_3 – центре симметрии бандажа и ролика. Как погрешности расположения ролика будем определять перемещения опор А и В оси ролика в осевом, поперечном и радиальном направлениях.

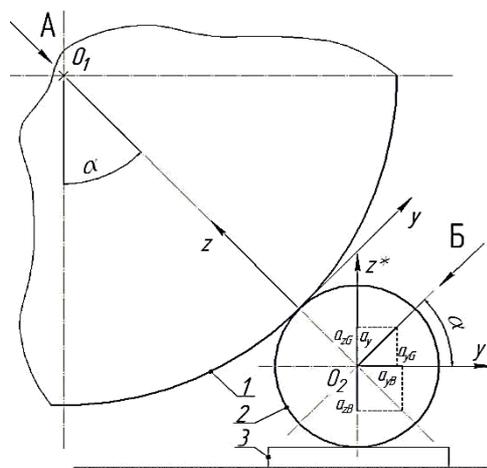


Рис. 1. Схема ошибок положения ролика:

А) поворот вокруг оси Z; Б) поворот вокруг оси Y

Рассмотрим частный случай погрешности расположения опорных поверхностей, при котором возникает поворот ролика вокруг оси O_3Z . Свяжем с опорой ролика в т. O_2 (рис. 1) подвижную систему координат $Z^*X^*Y^*$. Тогда перемещение т. А в плоскости XO_3Y (рис. 2) : $a_y = L \cdot \sin(\gamma)$, в осевом направлении (вдоль оси O_3X или O_2X^*): $a_{xG} = L - L \cdot \cos(\gamma)$, в поперечном (вдоль оси O_2Y^*) и радиальном (вдоль оси O_2Z^*) направлениях соответственно: $a_{yG} = L \cdot \sin(\gamma) \cdot \cos(\alpha)$, и $a_{zG} = L \cdot \sin(\gamma) \cdot \sin(\alpha)$.

Например, для $L = 1300$ мм при повороте на один градус ($\gamma = 1^\circ$) вокруг оси O_3Z получим смещение (ошибку положения) опоры в поперечном направлении $a_{yG} = 19,6$ мм, в радиальном $a_{zG} = 11,3$ мм и осевом $a_{xG} = 0,2$ мм.

Проведем анализ контактных напряжений с помощью конечно-элементной модели [3] в NX Advanced Simulation Расширенная симуляция (Siemens PLM Software Inc.) при условии, что материал ролика сталь 30ГСЛ по ГОСТ 977-88, коэффициент Пуассона $\mu=0,3$, а модуль продольной упругости $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Так как нагрузка от ТБ действует на внутреннюю поверхность бандажа, считаем, что она равномерно распределяется по внутренней поверхности сегмента и направлена вертикально вниз. Для опоры вращающейся печи 5x185 м она будет равна $F=4$ МН.

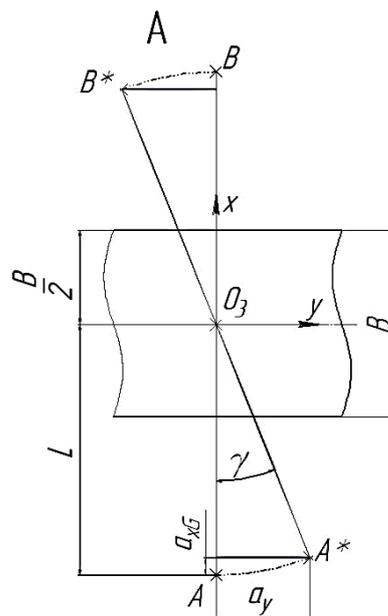


Рис. 2. Схема ошибок при повороте ролика вокруг оси O_3Z

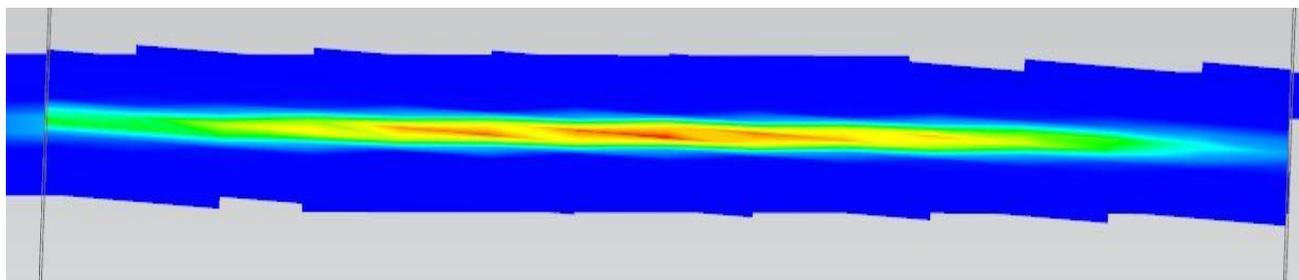


Рис. 3 Карта контактных давлений при повороте ролика на 3°

Результаты расчетов (рис. 3) показывают: 1) длина пятна контакта при повороте осей от $\gamma = 0$ до $\gamma = 3^\circ$ не изменяется; 2) наименьшие напряжения возникают на концах контактной линии, а по ее длине изменяются не равномерно; 3) максимальные напряжения возникают в центре поворота осей и на 25–30 % (при $\gamma = 3^\circ$) превы-

шают напряжения при параллельных осях ($\gamma = 0$).

Кроме того, следует учесть, что поворот на угол $\gamma = 3^\circ$ возможен вследствие весьма существенных ошибок положения ($a_{yG} = 59,0$ мм, $a_{zG} = 34$ мм и осевом $a_{xG} = 1,8$ мм), которые идентифицируются современными измерительными приборами и исправляются регулировочными элементами, входящими в конструкцию опоры.

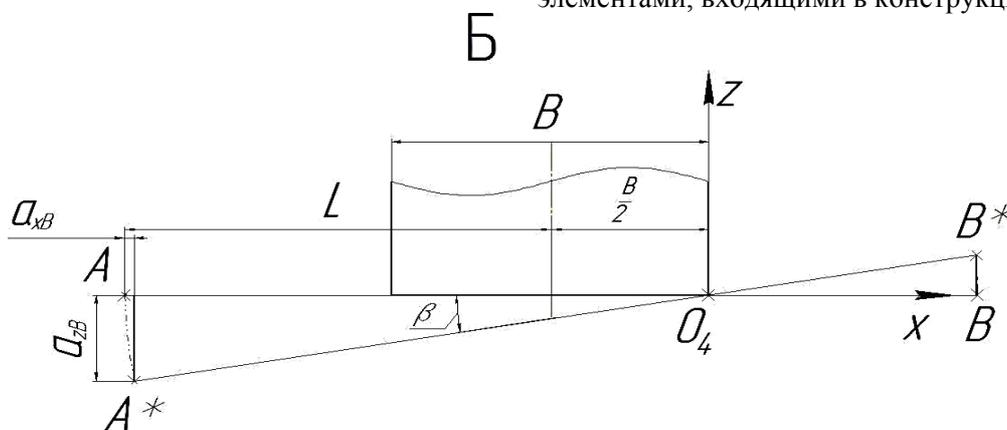


Рис. 4. Схема ошибок при повороте ролика вокруг оси O_4Y

Рассмотрим второй частный случай погрешности расположения опорных поверхно-

стей, когда оси бандажа и ролика лежат в одной плоскости и не параллельны. Для этого свяжем

неподвижную систему координат ZXY (рис. 4) с бандажом 1 в т. O_4 . Перемещения опоры т. А в плоскости ZO_4X при повороте образующей ролика АВ на угол β вокруг оси O_4Y в осевом

$$a_{xB} = (L+B/2) \cdot (1 - \cos(\beta)), a_{yB} = (L+B/2) \cdot \sin(\beta) \cdot \sin(\alpha), a_{zB} = (L+B/2) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\alpha).$$

Например, для $L = 1300$ мм при повороте на один градус ($\beta = 1^\circ$) вокруг оси O_4Y получим смещение (ошибку положения) опоры в поперечном направлении $a_{yB} = 15,7$ мм, в радиальном $a_{zB} = 27,2$ мм и осевом $a_{xB} = 0,3$ мм.

Результаты расчетов (рис. 5) показывают: 1) длина пятна контакта, его форма и площадь существенно уменьшаются даже при незначительном повороте на доли градуса; 2) напряжения по

(вдоль оси O_2X^*), поперечном (вдоль оси O_2Y^*) и радиальном (вдоль оси O_2Z^*) направлениях соответственно:

длине ролика распределяются неравномерно; 3) максимальные напряжения перманентно возрастают в центре поворота и уже при угле $\beta = 0,003^\circ$ более чем в два раза превышают напряжения при параллельных осях ($\beta = 0$); 4) ошибки положения ролика при повороте больше, чем $\beta = 0,004^\circ$ вызывают опасные для контактной прочности поверхности напряжения.

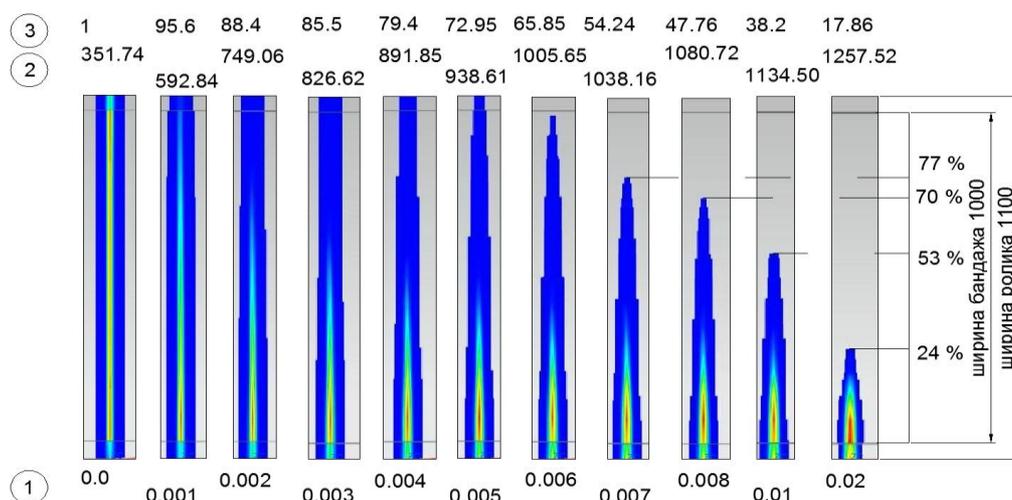


Рис. 5. Параметры пятна контакта при повороте на угол β :

1 – угол β в долях градуса; 2 – максимальное на пятне контактное напряжение МПа; 3 – изменение площади пятна контакта в %

Таким образом, эти ошибки положения с одной стороны оказывают большее влияние на работоспособность конструкции, чем в первом рассмотренном случае, а с другой – являются меньшими по абсолютной величине (при $\beta = 0,004^\circ$ получим $a_{yB} = 0,063$ мм, $a_{zB} = 0,11$ мм, $a_{xB} = 0,0$ мм), что затрудняет их определение и устранение в практических условиях. Кроме того по абсолютной величине рассмотренные ошибки находятся в пределах упругих деформаций деталей роликоопоры. Поэтому рассмотренные явления при повороте на угол β могут быть результатом не столько ошибок положения, сколько проявлением упругих свойств конструкции.

Перейдем к анализу контакта при условиях: 1) ошибки расположения отсутствуют; 2) форма и размеры ролика номинальны, а бандаж имеет ошибки формы; 3) безцентровое вращение не изменяет нагружение поверхности контакта. Найдем закономерность изменения контактных напряжений в зависимости от формы попереч-

ного сечения бандажа с номинальным радиусом R_H .

Постоянные контактные напряжения при контакте деталей номинальной формы по формуле Герца:

$$\sigma_H = B \cdot [(R_H + R_I)/(R_I \cdot R_H)]^{1/2}, \quad (1)$$

где B – параметры, не связанные с формой поперечного сечения, R_I – номинальный радиус ролика.

Контактные напряжения на участках с отклонениями от круглости бандажа при радиусе r кривизны его поверхности в точке контакта:

$$\sigma_{HR} = B \cdot [(r + R_I)/(R_I \cdot r)]^{1/2} \quad (2)$$

Из (1) и (2) получаем:

$$\sigma_{HR} = \sigma_H \cdot K_{HR} \quad (3)$$

здесь K_{HR} – безразмерный коэффициент, демонстрирующий закономерность изменения контактных напряжений в зависимости от ошибок формы бандажа:

$$K_{HR} = [(1 + R_I/r)/(1 + R_I/R_H)]^{1/2}$$

Для удобства анализа обозначим: $k = R_l / R_H$ и $i = R_H / r$.
тогда:

$$K_{HR} = [(1 + k \cdot i) / (1 + k)]^{1/2} \quad (4)$$

Из (4) и (3) следует, что контактные напряжения σ_{HR} будут переменны, если изменяется r (рис. 6). Изменение напряжений тем существен-

нее, чем больше разница между номинальным радиусом и радиусом кривизны. При этом $K_{HR} \rightarrow \max$ и $\sigma_{HR} \rightarrow \max$ при $r \rightarrow \min$. Таким образом, необходимо найти закономерности изменения радиуса поверхности контакта вследствие ошибок формы.

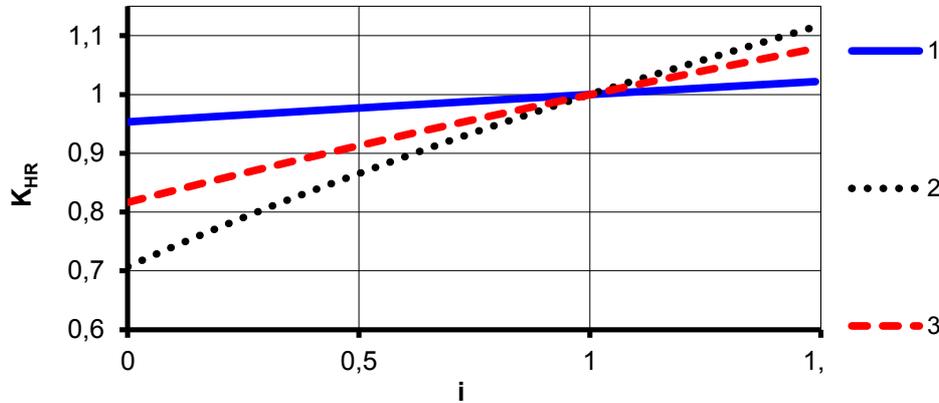


Рис. 6. Коэффициент изменения контактных напряжений в зависимости от отношения радиусов кривизны i при отношении номинальных радиусов: 1 – $k=0,1$; 2 – $k=1$; 3 – $k=0,5$

Составляя для этого расчетные модели, исключим из рассмотрения локальные неровности в виде раковин, пластические деформации поверхности в форме дорожек или вмятин, различные царапины и следы задира. Будем также исходить из того, что механическая обработка поверхности при изготовлении и ее износ при длительной эксплуатации сглаживают неровности в виде уступов, заострений и впадин.

Будем задавать форму поперечного сечения в полярных координатах: $\rho = R_0 + S(\varphi)$, где ρ –

радиус-вектор, R_0 – минимальный радиус, $S(\varphi)$ – аппроксимирующая функция.

Рассмотрим, например, отклонение от круглости (рис. 7, а) $\Delta = R_H - R_0$, где R_H – номинальный радиус.

Для этого случая в силу симметрии достаточно проанализировать контактные напряжения только на трех участках. Границы этих участков для первой четверти обозначим центральными углами β_1, β_2 и β_3 (рис. 7, а). Радиус $\rho = R_H$ остается постоянным только на втором участке.

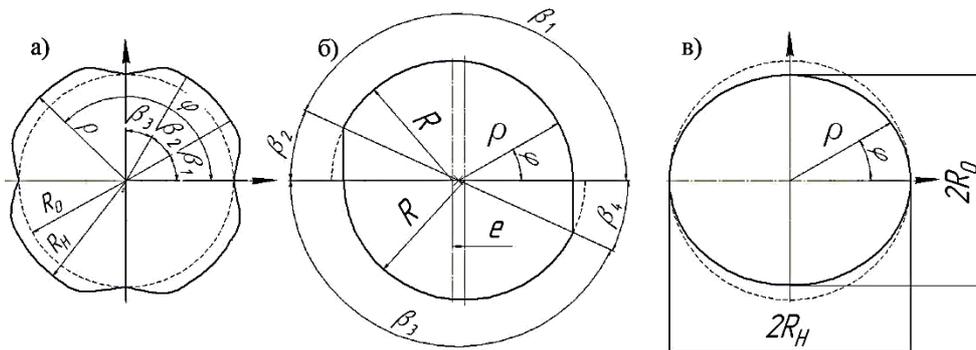


Рис. 7. Варианты погрешности формы: а – отклонение от круглости с переменными радиусами; б – отклонение от круглости с постоянным радиусом и лысками; в – овальность

На первом и третьем участке радиус ρ изменяется и поэтому не равен радиусу r кривизны поверхности в точке контакта:

$$r = [\rho(\varphi)^2 + (d\rho(\varphi)/d\varphi)^2]^{3/2} / (\rho(\varphi)^2 + 2 \cdot (d\rho(\varphi)/d\varphi)^2 - \rho(\varphi) \cdot (d^2\rho(\varphi)/d\varphi^2)), \quad (5)$$

$$\text{где } \rho = R_0 + \Delta \cdot 0,5 \cdot (1 - \cos(\pi \cdot \varphi / \beta_1)), \quad (6)$$

$$d\rho(\varphi)/d\varphi = [\pi \cdot \Delta \cdot \sin(\pi \cdot \varphi / \beta_1)] / (2 \cdot \beta_1), \quad d^2\rho(\varphi)/d\varphi^2 = [\pi^2 \cdot \Delta \cdot \cos(\pi \cdot \varphi / \beta_1)] / (2 \cdot \beta_1^2).$$

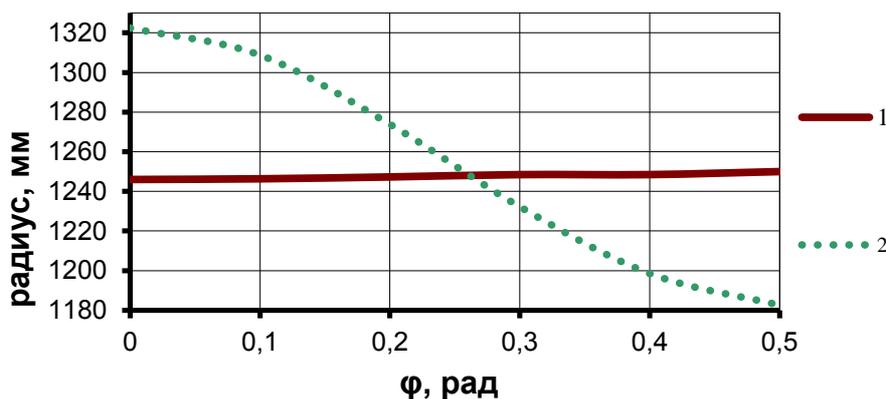


Рис. 8. Изменение радиусов при отклонении от круглости на первом участке от 0 до $\pi/3$:

1 – радиус детали $\rho(\varphi)$; 2 – радиус кривизны поверхности детали $r-\gamma(\varphi)$

Например, при $R_H=1250$ мм и степени точности 16 отклонение $\Delta = 4$ мм и $R_0=1246$ мм. Тогда при $\beta_I = \pi/6$ из (5) получим $r_{\min} = 1182,55$ мм ($i = 1,057$) и $r_{\max} = 1322,42$ мм ($i = 0,945$). Используя (3) и (4) получаем, что контактные напряжения на этом участке могут изменяться на 2,8 % (рис. 8).

Рассмотрим следующий пример, в котором отклонение от круглости связано с погрешностью соединения между собой двух цилиндрических круговых сегментов с одинаковым радиусом R (рис. 7б). При несоосности e частей возникает выступ такой же величины. Будем считать, что при механической обработке и дальнейшей эксплуатации он преобразуется в гладкую площадку (лыску), которую можно аппроксимировать уравнением (6). Ошибка формы конечно сохраняется. Отклонение от круглости $\Delta = e$.

Радиус r кривизны поверхности независимо от расположения оси вращения будет переменным только на лысках. Поэтому только на этих участках контактные напряжения σ_{HR} будут значительно изменяться. На остальной поверхности кривизна сохраняется постоянной и равной радиусу R .

Если же круговые сегменты выполнены с погрешностями, то следует использовать уравнения, рассмотренные для первого примера.

Во многих случаях отклонение формы определяют овальностью (рис. 7, в). Аппроксимируем овальность кривой четвертого порядка в виде одного из овалов Кассини:

$$\rho = [c^2 \cdot \cos(2\varphi) + h^{0.5}]^{0.5} \quad (7)$$

здесь $h = c^4 \cdot (\cos(2\varphi))^2 + a^4 - c^4$, $c > 0$, $a > c \cdot (2)^{0.5}$, $a = (R_H^2 - c^2)^{0.5}$, $R_0 = (a^2 - c^2)^{0.5}$. Например, при $R_H=1250$ мм произвольно принимаем $c=71$, тогда $a = 1248 > 100,41$ и $R_0 = 1245,961$ мм, т.е. овальность $\Delta = 8,08$ мм.

Для определения радиуса кривизны дифференцируем дважды выражение (7):

$$d\rho(\varphi)/d\varphi = A / (2\rho) \quad (8)$$

здесь

$$A = -c^4 \cdot \sin(4\varphi)/h^{0.5} - 2c^2 \cdot \sin(2\varphi), \quad d^2\rho(\varphi)/d\varphi^2 = B / (2\rho) - A / [4(c^2 \cdot \cos(2\varphi) + h^{0.5})^{3/2}], \quad (9)$$

где

$$B = \{4c^4 \cdot [\sin(2\varphi)]^2 - 4c^4 \cdot [\cos(2\varphi)]^2\} / h^{0.5} - c^8 \cdot [\sin(4\varphi)]^2 / h^{3/2} - 4c^2 \cdot \cos(2\varphi).$$

Выражения (7), (8), (9) и (5), позволяют определить закономерность изменения радиуса кривизны и контактных напряжений для случая овальности бандажа. Результаты $r_{\min} = 1242$ мм ($i = 1,057$) и $r_{\max} = 1254$ мм ($i = 0,945$), $K_{HR} \cong 1$ демонстрируют, что изменение напряжений по величине незначительно, но они распределяются неравномерно по поверхности в зоне контакта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Рыбалко В.Ю., Щетинин Н.А. Исследование измененный напряженно-деформированного состояния бандажей при их реконструкции из плавающего типа во вварной. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 91-96.

2. 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. Т. 31. № 9. С. 1593-1600.

3. Гончаров М. С., Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В. Компьютерное моделирование контакта бандажа и ролика Сб. докл. Междунар. научно-практической конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова «Наукоемкие технологии и инновации» (XXI научные чтения) / Белгор. гос. Технол. ун-т. (Белгород, 9-10 октября 2014г.). Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. С. 216-222.

Shrubchenko I.V., Hurtasenko A.V., Goncharov M.S.
CONTACT MANIFESTATION ERROR FORM AND LOCATION
IN TECHNOLOGICALS DRUMS

Considered the influence errors of form and position on the contact strength of the working surfaces of the support roller and bandage technological drum. Compiled simulation models that take into account influence on the contact patch of the location errors the roller associated with errors mounting or pliability base. Analyzed the patterns of change contact voltage at the various of error shape bandage. The calculations are performed in the environment of NX Advanced Simulation Advanced Simulation (Siemens PLM Software Inc.).

Key words: roller carriages, bandage, axles, the contact strength, the contact patch, the shape and position errors.

Шрубченко Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Хуртасенко Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Гончаров Михаил Сергеевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: msgon@ya.ru

**Вытовтов А.В., преподаватель,
Калач А.В., д-р хим. наук, доц.,
Сазанова А.А., магистрант
Воронежский институт ГПС МЧС России
Лебедев Ю. М., доц.
Колледж пожарной безопасности и гражданской обороны, Латвия, г. Рига**

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ*

Taft.RVK@yandex.ru

В статье представлена история развития беспилотных летательных аппаратов. Способы их использование в военное и мирное время. Рассмотрены современные тенденции использования аппаратов в гражданских целях и при проведении аварийно спасательных работ. Проведен обзор исторического развития беспилотных летательных аппаратов и целей, стоящих перед ними на разных этапах их использования. Представлен ряд передовых научных достижений которые могут быть использованы при проведении аварийно спасательных операций, такие как микро роботы с машущим крылом. Представлена перспектива создания центров беспилотной авиации и обозначен ряд научно - практических проблемы в области применения беспилотников при мониторинге и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Проведенный обзор раскрывает насыщенную историю развития беспилотников, высокий технический уровень исполнения аппаратов. Но вместе с тем показывает, не достаточный уровень проработки функционала необходимого для решения задач противопожарной службы. Для создания эффективного комплекса БПЛА способного решать практические задачи кроме надежной технической составляющей необходимо создание математической модели, метода оценки эффективности функционирования и алгоритма оперативного управления беспилотным летательным аппаратом для управления в режиме реального масштаба времени.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, самолет, дрон, робот, чрезвычайные ситуации, центр беспилотной авиации.

Введение. Начало истории беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) связано с событиями конца 19 века. В сентябре 1898 года в Медисон-сквер-гардене (Нью-Йорк) проходила ежегодная электрическая выставка. В центре зала был устроен большой бассейн. На одной из стенок его сделали причал, к которому пришвартовывался небольшой, странный на первый взгляд кораблик с длинным тонким металличе-

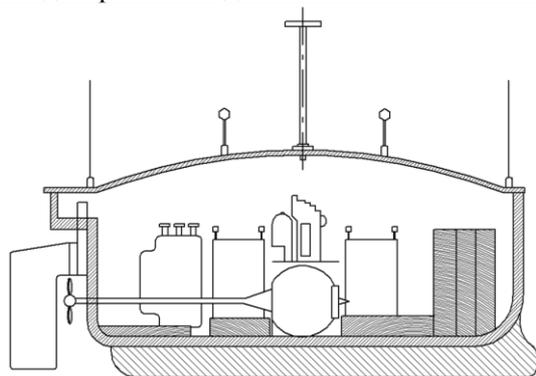


Рис. 1. Дистанционно управляемый кораблик Н. Теслы

Радисигналы с пульта принимались антенной, установленной на кораблике, и затем передавались внутрь его, где некие устройства послушно выполняли все принятые сигналы. То есть, говоря современным языком, это была первая радиуправляемая модель. В её корпусе помимо приемника радиосигналов и электро-

ским стержнем посередине и металлическими трубками, заканчивающимися электрическими лампочками на корме и на носу (рис.1). У необычного экспоната физика и инженера Николы Теслы собирались толпы зрителей. Сигналом с пульта управления ученый заставлял кораблик плыть с различной скоростью вперед и назад, проделывать сложные маневры, зажигал и гасил электрические лампы на носу и корме [1].

двигателя были электрические схемы, расшифровывающие сигналы с пульта и в зависимости от характера сигнала, включающие тот или иной режим работы двигателя, лампочек. И это всего лишь через год после получения Маркони патента на радиоприёмник. «Это мое изобретение может оказаться полезным во многих отношениях. Такие суда или транспортные средства могут быть использованы для установления коммуникаций в недоступных областях с целью их изучения или осуществления различных научных, технических и торговых задач», – было написано в описании патента, полученного Теслой на это изобретение. Это событие не осталось незамеченным в ученой среде и дало свой толчок развитию сферы управляемых объектов [2].

Несмотря на общий посыл Н. Тесла, следующим «беспилотником» оказалось не судно, а самый обыкновенный летательный аппарат. В 1903 году братья Уилбер и Орвилл Райт совер-

шили первые полеты на управляемом человеком летательном аппарате Flyer 1, оснащенный двигателем внутреннего сгорания. Позднее в 1910 году военный инженер и изобретатель Ч. Кеттеринг, вдохновленный успехами братьев Райт, предложил создать летательный аппарат управляемый не человеком, а часовым механизмом, который в определенное время сбрасывал свои крылья и падал на врага. Спроектированный им аппарат с зарядом до 120 кг, долетев до цели, в соответствии с установленным на нем часовым механизмом, прекращал движение и падал в установленном месте, как авиабомба. По заказу армии США в 1918 году было изготовлено 45 таких беспилотников, названных «летающими торпедами». Их разработка и совершенствование продолжались до 1930 года и были завершены в связи с недостаточной эффективностью. В боевых действиях во время Первой Мировой войны разработка участия не принимала.

Параллельно с Кеттерингом разработки беспилотных самолетов велись американской фирмой «Сперри» («воздушные торпеды») и немецкой «Симменс и Гальске».

По-настоящему прорывным для беспилотников XX века стал 1933 год, который официально считается родоначальником всех дальнейших разработок. Именно в этот год, силами инженеров Великобритании был разработан первый БПЛА многократного использования [3]. Проект получил название DH.82B QueenBee. Такого рода БПЛА представляли собой отреставрированные модели бипланов FairyQueen, которыми дистанционно управляли с корабля по радио (рис. 2). Этот беспилотник имел скорость до 170 км/час, максимальную высоту подъема 5000 м и являлся первым аппаратом с возможностью повторного использования, в том числе, в качестве воздушной цели при подготовке пилотов к воздушному бою. DH.82B QueenBee служил ВВС ее Величества с 1934 года по 1943 годы.

Естественно, мимо подобного новшества во время Второй Мировой войны не могли пройти мимо ни Германия, ни СССР, ни США.

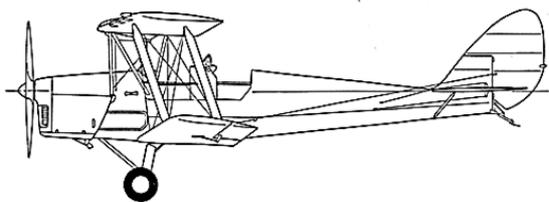


Рис. 2. БПЛА – мишень DH.82B Queen Bee

Германия использовала управляемые бомбы HenschelHs 293, Fritz X, ракеты Enzian, а также прототип крылатой ракеты самолет V-1

Vergeltungswaffe 1 (разработчики проекта Роберт Луссер и Фритц Госслау), которые успешно показали себя во время ведения боевых действий в Средиземном море. В массовое производство суждено было попасть не им. В 1944 году был выпущен самолет - снаряд (на автопилоте) с ракетным двигателем на жидком топливе «Фау-1» с дальностью полета до 240 км, скоростью до 656 км/час, высотой полета до 3050 м (рис. 3).

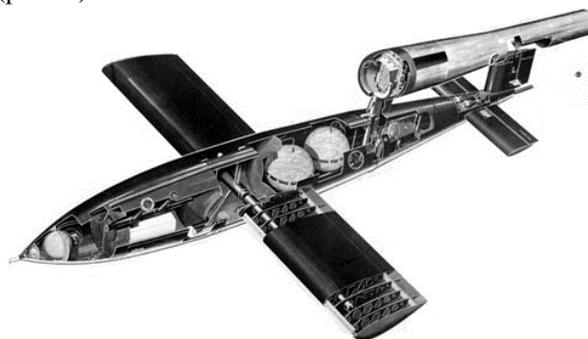


Рис. 3. Самолет - снаряд Фау-1

С 1942 года выпуск самолетов-снарядов продолжили «Фау-2».

В СССР времен Второй Мировой проектируемым конструкциям воплотиться в реальность не удалось, несмотря на попытки авиаконструктора Василия Никитина. Именно его стараниями существовал проект беспилотной летающей ракеты, чья дальность полета составляла от 100 км и более при скорости в 700 км/ч, но как уже говорилось, проект остался лишь на бумаге. В Советском Союзе в 1933 году в Подмоскowie состоялись перелеты автопилотируемого, а затем радиоуправляемого самолета ТБ-3 конструкции Р.Г. Чачикяна, но в связи с колебаниями скорости другими техническими причинами полет корректировал пилот.

1935 году осуществлен проект планера с торпедой на борту специального назначения ПСН, который подвешивался под крыло самолета ТБ-3, но в 1940 году проект был закрыт.

Работы по созданию БПЛА в СССР продолжались в 1940–1941 годах, когда были созданы и проводились испытания самолета с телеуправлением ТБ-3 «Бомба» (Р.Г. Чачикян), СБ, УТ-3. На их основе предполагалось наладить производство телемеханических самолетов-мишеней и бомбардировщиков. Но началась война. В 1941 году радиоуправляемые бомбардировщики применялись в качестве беспилотников для уничтожения мостов и других стратегических объектов.

В США в это время были созданы радиоуправляемые беспилотники на базе самолета В-17, ВQ-7 «Кастор» – радиоуправляемый самолет-снаряд, а в 1950–1953 г.г. – радиоуправляемые бомбы «Tarzon». США в отличие от СССР

пошли по стопам Великобритании и запустили в массовое производство беспилотники Radioplane QQ-2, которые использовали как самолеты-мишени. Более того, за время Второй Мировой, фирма Radioplane создала для ВВС США почти 15 тысяч подобных БПЛА, в том числе модели QQ-3 и QQ-14. Наиболее успешной разработкой США можно считать беспилотный ударный бомбардировщик Interstate TDR-1 (рис.4), который сравним лишь с Фау-1 и может считаться первым в мире беспилотным летательным аппаратом подобного типа и специализации.



Рис. 4 Модель американского Interstate TDR-1

До 1944 года было выпущено несколько модификаций TDR-1: XTDR-1, TDR-1, XTD2R-1, XTD3R-1, XTD3R-2, TD3R-1. Однако, несмотря на обилие модификаций, в серийный выпуск попали лишь сам TDR-1 – более 180 штук и TD3R-1 – заказ в 40 штук, который позже был отменен [4].

В послевоенные годы работы по проектированию БПЛА в передовых странах мира продолжались. С 1955 и до конца 1990-х годов беспилотники использовались, в основном, для сбора разведанных, фотосъемок. В этот период в США созданы беспилотники Ryan Firebee JB-2 «Loon», Lockheed Martin M-21 и D-21, «Pioneer» RQ-2A, MQ-1 «Predator» и их модификации.

Несмотря на то, что после Второй Мировой войны БПЛА так или иначе активно использовались лишь США и СССР, на данный момент ведущим лидером в разработке и применении беспилотников считается именно США. Достаточно сказать лишь то, что в 2012 году беспилотные летательные аппараты, состоявшие на вооружении ВВС США, составили 7494 штук, в то время как пилотируемых аппаратов насчитывается почти 11 тысяч.

В 2000-х годах получило дальнейшее развитие создание беспилотников нового поколения. Среди них – беспилотные вертолеты, а также беспилотники различного назначения: от небольших малозаметных самолетов-разведчиков до ударных истребителей – бомбардировщиков с увеличенным размахом крыльев, способных осуществлять взлет и посадку с современных

авианосцев. Такие БПЛА способны осуществлять запуск неуправляемых ракет со своего борта.

В данный момент по значимости развития технологий в данной сфере необходимо отметить не только США, но и Россию, Израиль, а так - же Великобританию, расширившую свой парк беспилотных летательных аппаратов в марте 2014 года.

Гражданские беспилотные летательные аппараты. Однако, несмотря на развитие БПЛА в военной сфере, нельзя забывать и о гражданском применении данных аппаратов [5]. В-первых, подобных аппаратов с каждым годом появляется все больше и больше. Во-вторых, некоторые из аппаратов разработанных частными компаниями являются более развитыми в технологическом плане за счет своей узкой специализации и малых объемов производства, что позволяет инженерам более оперативно реагировать на изменение рынка потребителей. Среди множества проблем реализации таких проектов - обеспечение безопасности граждан от падений аппаратов и их устойчивая работа. Решения проблемы пространственной устойчивости данных аппаратов частично описаны в работах [6, 7].

Беспилотные летательные аппараты с машущим крылом. Американские исследователи из Гарвардского университета продемонстрировали новые возможности своих крошечных летающих роботов-насекомых, которые могут стать прототипами миниатюрных беспилотных летательных аппаратов нового поколения. Эти роботы, RoboBee, делают 120 взмахов в секунду своими тончайшими крыльями, быстрее, чем может увидеть человеческий глаз. И только в последнее время исследователям удалось разработать и реализовать методы управления взмахами крыльев, приводимых в действие пьезоэлектрическими приводами, которые позволили стабилизировать полет и сделать его управляемым.

Каждое крыло RoboBee управляется независимо в режиме реального времени. Это позволяет осуществить моментальную реакцию на мельчайшие изменения в окружающих потоках воздуха, что приводит к высокой стабильности аппарата во время полета. Решение проблемы движения машущего крыла рассматриваются отечественными учеными [8, 9, 10].

Исследователи говорят, что их разработка может привести к появлению в будущем крошечных беспилотников, которые будут заниматься экологическим контролем, разведкой и наблюдением при проведении поисково-спасательных операций и даже искусственным

опылением сельскохозяйственных культур. Но самым существенным достижением они считают разработку новых материалов, компонентов и производственных технологий, которые могут быть использованы и во множестве других областей [11]. Мониторинг развития чрезвычайных ситуаций, поиск людей в труднодоступных условиях, возможность обследовать здание в котором произошел пожар с целью определения очага пожара и наличия пострадавших - это уникальные возможности, которые обещают открыть спасателям создатели микро роботов.

Развитие беспилотной авиации МЧС России. Беспилотные летательные аппараты широко используются в системе МЧС России для управления в кризисных ситуациях и получения оперативной информации. Первые беспилотные летательные аппараты поступили в МЧС России в 2009 году.

На сегодняшний день МЧС России планирует создать в Крымском федеральном округе центр беспилотной авиации [12].

По словам министра В. Пучкова, центр беспилотной авиации, созданный в Крыму, позволит постоянно мониторить всю территорию полуострова, в том числе, горного кластера, моря и прибрежной территории. Комплексный мониторинг позволит существенно снизить риск возникновения чрезвычайных происшествий.

В создаваемых центрах планируется внедрение системы воздушного оповещения на беспилотниках, предназначенная для оперативного информирования населения о ЧС. Для решения этой задачи, требуются не просто легкие квадрокоптеры, а серьезные аппараты, способные нести профессиональное видеоборудование и передающую технику.

Выводы. Создание центров беспилотной авиации в трех южных федеральных округах серьезный шаг в практическом использовании БПЛА. Именно в этих регионах специфика горной местности, обширного побережья, большого количества туристов и наличие объектов нефтегазовой отрасли обуславливают необходимость использования беспилотников.

Освоение в МЧС беспилотной техники сталкивается с множеством проблем. От нехватки обученного персонала до слабого материально технического обеспечения комплектовочными, отсутствия специализированных БПЛА способных выполнять конкретные задачи [13]. В комплексе эти сложности привели к использованию беспилотников только на учениях и на особо крупных, затяжных пожарах. В создаваемых центрах аппараты будут совершать ежедневный облет контролируемой территории, находится в круглосуточном дежурстве. Центры планирует-

ся укомплектовать современной техникой специализированной на решения задач МЧС России, такими как система оповещения «Тревога-1». Работа в таких условиях станет настоящим испытанием практической способности аппаратов выполнять задачи в режиме постоянного функционирования.

В последнее время производители аппаратов шагнули вперед в понимании целей и задач применения БПЛА при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Это создает благоприятную среду заинтересованности производителей в практической и научной поддержке со стороны МЧС. Дальнейшее развитие сотрудничества в создание математической модели, метода оценки эффективности функционирования и алгоритма оперативного управления беспилотным летательным аппаратом для мониторинга природных и техногенных явлений разрушительного и пожароопасного характера в режиме реального масштаба времени позволит создать эффективный комплекс БПЛА способный решить практические задачи.

**Работа выполнена в рамках Гранта Федерального агентства по делам молодежи на реализацию проекта «Применение БПЛА при проведении культурно – массовых мероприятий».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Загадки изобретений Николы Теслы [Электронный ресурс] // Патентное агентство Дмитрия Романенко – (http://www.romanenko.biz/ru/library/article_tesla.html). – (доступ 25.02.2015).
2. История развития БПЛА [Электронный ресурс]// ScienceDebate – (<http://sciencedebate2008.com/development-of-unmanned-aerial-vehicles>). – (доступ 25.02.2015).
3. Первые беспилотники [Электронный ресурс] // Альтернативная История – (<http://alternathistory.org.ua/pervye-bespilotniki>). – (доступ 25.02.2015).
4. TDR-1. Ударный БПЛА. Проект «Вариант». США [Электронный ресурс]// LIVEJOURNAL – (<http://alternathistory.livejournal.com/964529.html>). – (доступ 25.02.2015).
5. Вытовтов А.В., Калач А.В., Разиньков С.Ю. Современные беспилотные летательные аппараты // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 70–74.
6. Попов Н.И., Емельянова О.В., Яцун С. Ф., Савин А.И. Исследование колебаний квадрокоптера при внешних периодических воздействиях // Фундаментальные исследования. №1. 2014. С. 28–32.

7. Попов Н. И., Емельянова О. В., Яцун С. Ф., Савин А. И. Исследование движения квадрокоптера при внешнем периодическом воздействии // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). С. 12–17.

8. Ефимов С.В., Яцун С. Ф., Наумов Г.С. Кинематический анализ пространственного движения крыла орнитоопера // Вибрация - 2014. Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: матер. XI междунар. науч. - тех. конф. в 2т. Т.2/ ФГБОУ ВПО ЮЗГУ. Курск, 2014. 424с. С.273–281.

9. Ефимов С.В., Поляков Р.Ю., Мозговой Н.В. Исследование управляемого синхронного движения летающего робота с машущим крылом при взлете // Электротехнические комплексы и системы управления №3(35). 2014. С. 28–33.

10. Ефимов С.В., Яцун С. Ф., Наумов Г.С. Моделирование одного из вариантов движения

крыльев орнитоопера во время полета// Вибрация – 2014. Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: матер. XI междунар. науч. – тех. конф. в 2т. Т.2/ ФГБОУ ВПО ЮЗГУ. Курск, 2014. С. 205–219.

11. Ma, Kevin Y., Chirarattananon, Pakpong, Fuller, Sawyer B., Wood, Robert J. Controlled Flight of a Biologically Inspired, Insect-Scale Robot // Science 340 (6132). 2013. С. 603–607.

12. МЧС планирует создать в Крыму центр беспилотной авиации [Электронный ресурс] // ИА REGNUM - (<http://www.regnum.ru/news/polit/1892359>) - (доступ 25.02.2015)

13. Воропаев Н.П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России// Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (электронный журнал) №4. 2014. С. 13–17.

Vyotovtov A.V., Kalach A.V., Sazanova A.A., Lebedev Ju.M.

TOWARDS THE CREATION UNMANNED AERIAL VEHICLE

The article presents the history of the development of unmanned aerial vehicles. Methods for their use in wartime and peacetime. The modern trend of using vehicles for civilian purposes and for emergency rescue. A review of the historical development of unmanned aerial vehicles and the goals in front of them at different stages of their use. It presents a number of advanced scientific achievements that can be used for emergency rescue operations, such as micro robot with flapping wings. Submitted by the prospect of the establishment of centers of unmanned aircraft, and identified a number of scientific - practical problems in the application of UAVs in monitoring and dealing with emergencies

The review reveals the rich history of the development of drones, high technical level of the vehicles. But at the same time it shows no sufficient level of development functionality required to meet the challenges of fire service To create an effective set of UAVs capable of solving practical problems in addition to a sound technical components necessary to create a mathematical model, a method for evaluating the performance of the algorithm, and operational management of an unmanned aircraft to control in real-time.

Key words: *unmanned aerial vehicle, airplane, drone, robot, emergency center of unmanned aircraft.*

Выговтов Алексей Владимирович, преподаватель.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231.

E-mail: Taft.RVK@yandex.ru

Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231.

E-mail: a_kalach@mail.ru

Сазанова Анна Анатольевна, магистрант.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231.

E-mail: anneta.sazanova@yandex.ru

Лебедев Юрий Маркович, доцент кафедры пожаротушения и спасательных работ.

Колледж пожарной безопасности и гражданской обороны

Адрес: Riga, Latvia, LV-1063

E-mail: jurijs.lebedevs@ucak.vugd.gov.lv

*Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Ельцов М.Ю., канд. техн. наук, доц.,
Стативко С.А., студент,
Анциферов С.И., инж., аспирант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВАРИАНТНЫХ СТРУКТУР ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ*

anciferov.sergey@gmail.com

Рассмотрены принципы проектирования вариантных структур оборудования промышленности строительных материалов. Представлена методика использования современных средств автоматизированного проектирования под управлением систем управления жизненным циклом изделия. Рассмотрен проект разработки электронно-цифровой модели ковшевого питателя с различными вариантами исполнения тягового органа. С использованием CAD/CAM/CAE системы NX была разработана электронно-цифровая модель ковшевого питателя, в состав которой входят все варианты исполнения тягового органа. Выполнено конфигурирование вариантных структур и создание трех вариантных изделий, представляющих собой три ковшевых питателя с различными тяговыми органами.

***Ключевые слова:** Вариантные структуры, автоматизированное проектирование, ковшевой питатель, вариативное изделие, конфигурирование, состав изделия.*

В современной промышленности большое внимание уделяется применению современных средств и методов проектирования оборудования. Современные системы автоматизированного проектирования используются совместно с PDM/PLM системами обеспечивающими управление всем жизненным циклом изделия. Это достаточно эффективный подход, учитывая, что работа над изделием связана с большим объемом информации, появляющимся в ходе проектирования, анализа, модернизации, обслуживания, утилизации и других этапов разработки. К сожалению, наличие современных программных средств не гарантирует высокую эффективность без определенной методики работы. Поэтому разработка методики использования средств автоматизированного проектирования с целью сокращения сроков выпуска продукции на рынок является актуальной задачей для современной промышленности, в том числе в области производства оборудования для предприятий строительной индустрии.

Зачастую возникает необходимость спроектировать изделие, которое будет иметь определенное количество различных исполнений, применяемых на производстве одновременно или по отдельности в зависимости от технологической цепочки производства и пожеланий заказчика.

При проектировании такого изделия не обойтись без применения современных средств САПР. Одними из самых эффективных программных продуктов на сегодняшний день являются решения от компании Siemens PLM Software это PLM система Teamcenter и

CAD/CAM/CAE система NX. Использование PLM технологии позволяет осуществить управление жизненным циклом изделия, начиная от этапов проведения анализа рынка, проектирования, производства, реализации и заканчивая эксплуатацией и утилизацией.

Приложение «Менеджер структуры» входящее в состав PLM системы Teamcenter, предоставляет возможность управлять вариантным составом изделия и иметь при этом единую структуру без необходимости формировать несколько структур. Разработанный состав изделия будет включать в себя все возможные варианты исполнения изделия, и из него в дальнейшем могут быть получены конкретные варианты путем наложения дополнительных опций и условий. Такой подход позволяет снизить трудоемкость при разработке и на этапе планирования, а также упростить внесение изменений, поскольку изменения вносятся в один единый состав будущего изделия [1].

Создание вариативных структур позволяет управлять условиями вхождения тех или иных компонентов в состав изделия. При работе над проектом изучаются типовые узлы машины, осуществляется их унификация, и определяются их основные отличия. В качестве вариантного изделия может быть деталь или сборочная единица, входящие в разные уровни головной сборки.

Рассмотрим общие принципы создания вариантного изделия на примере ковшевого питателя. Целью проекта было создание электронно-цифровой модели ковшевого питателя с различными вариантами тягового органа.

Актуальность разработки данной машины является в том, что подъемно-транспортное оборудование в настоящее время превратилось в один из основных решающих факторов, определяющих эффективность производства.

Ковшевый питатель нашел широкое применение в цементном производстве строительных материалов в виду своих надежных показателей в работе с абразивными, тяжелыми и горячими материалами, такими как, например, клинкер. Данные машины служат для непрерывного транспортирования крупнокусковых, абразивных, горячих материалов в дробильное и другое технологическое оборудование, а также для выдачи кусковых материалов из бункеров. Тяговым элементом питателя является одна или две цепи, грузонесущим элементом – жесткий металлический настил, состоящий из отдельных пластин, движущийся по направляющим. Конструкция и форма пластин определяется свойствами транспортируемых грузов.

В ходе работы была поставлена задача, разработать три варианта тягового органа, предназначенных для работы в разных технологических цепочках.

В качестве вариантов тягового органа выбрано три варианта исполнения:

1. Полотно волнистое бортовое – используется при транспортировке сыпучих и мелкокусковых материалов, например клинкера при производстве цемента (рис. 1).

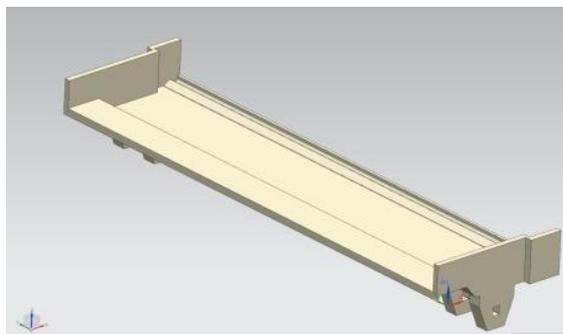


Рис. 1. Полотно волнистое бортовое

2. Полотно волнистое безбортовое – применяется при транспортировке крупнокусковых грузов, например при подаче, исходного сырья в дробилку (рис. 2).

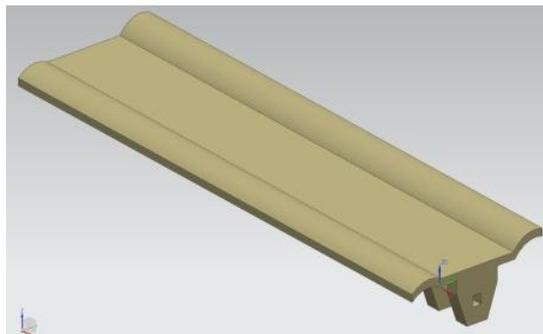


Рис. 2. Полотно волнистое безбортовое

3. Полотно плоское разомкнутое – используется для транспортировки штучных грузов, например транспортировка изделий к перевозящим машинам (рис. 3).

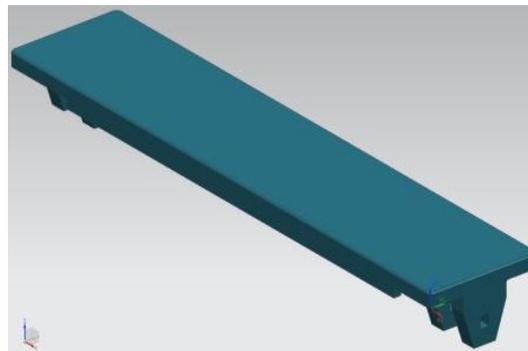


Рис. 3. Полотно плоское разомкнутое

Для реализации поставленной задачи была использована CAD/CAM/CAE система NX, в которой была построена электронно-цифровая модель ковшевого питателя, в состав которой входят все варианты исполнения тягового органа (рис. 4).

После того как была получена электронно-цифровая модель питателя и выполнены основные работы связанные с моделированием, управление составом изделия передается в приложение «Менеджер структуры». Данное приложение позволяет создавать, изменять, конфигурировать состав будущего изделия и визуализировать как само изделие, так и его составные части (рис. 5).

Для решения поставленной в проекте задачи и получения вариативного изделия необходимо сконфигурировать вариативную структуру, которую мы должны создать в «Менеджере структуры» путем описания вариантных правил, состоящих из одной или нескольких опций [2]. Поэтому находясь в «менеджере структуры» начнем с создания новой опции – переменной, которая будет описывать параметр ковшевого питателя, в рассматриваемом примере параметром является тип используемого тягового органа. Создадим новую опцию и зададим ее имя «Тип полотна» (рис. 6).

Поскольку питатель будет содержать три варианта исполнения рабочего полотна, необходимо присвоить для опции «Тип полотна» три значения: полотно плоское разомкнутое, полотно волнистое бортовое, полотно волнистое безбортовое (рис. 7).

После создания опций «Тип полотна» и присвоения им соответствующих значений, необходимо определить при каких условиях, какой вариант тягового органа будет входить в сборку, создадим условия вхождения компонент (рис. 8).

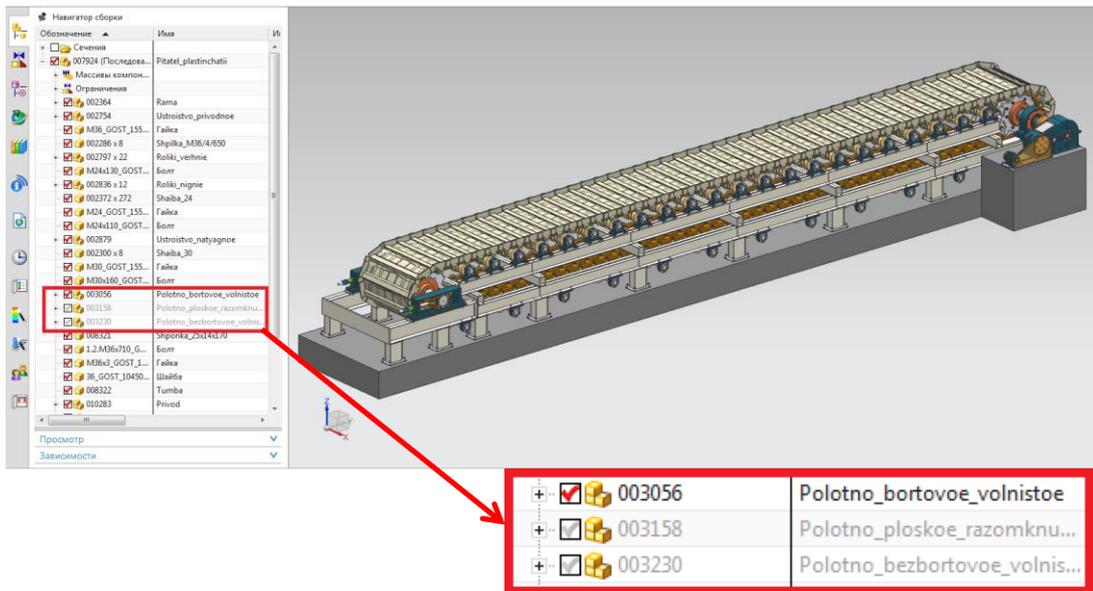


Рис. 4. Электронно-цифровая модель ковшевого питателя с тремя вариантами тягового органа

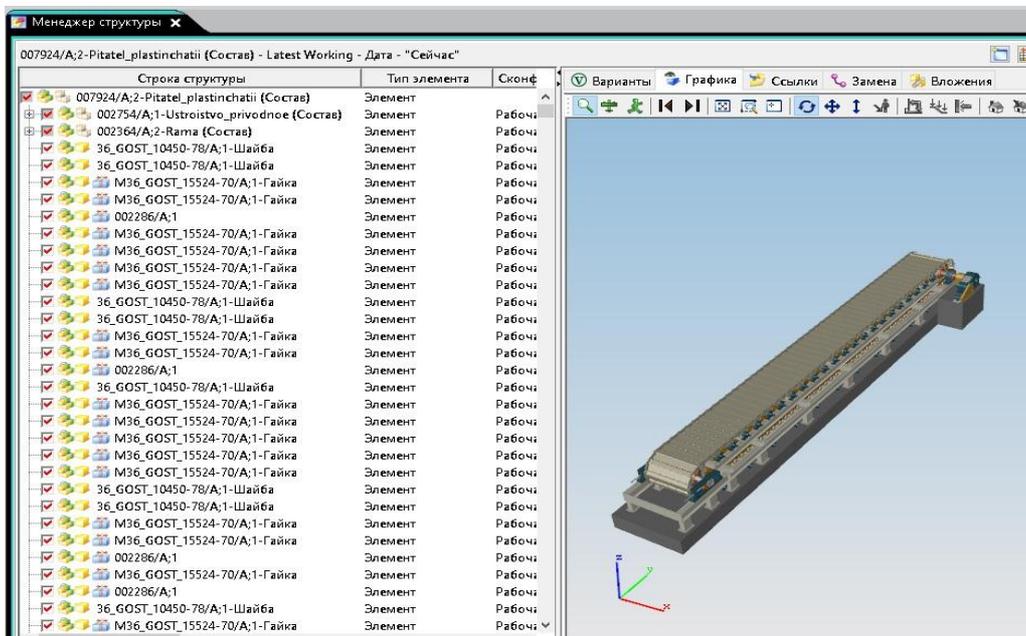


Рис. 5. Состав изделия

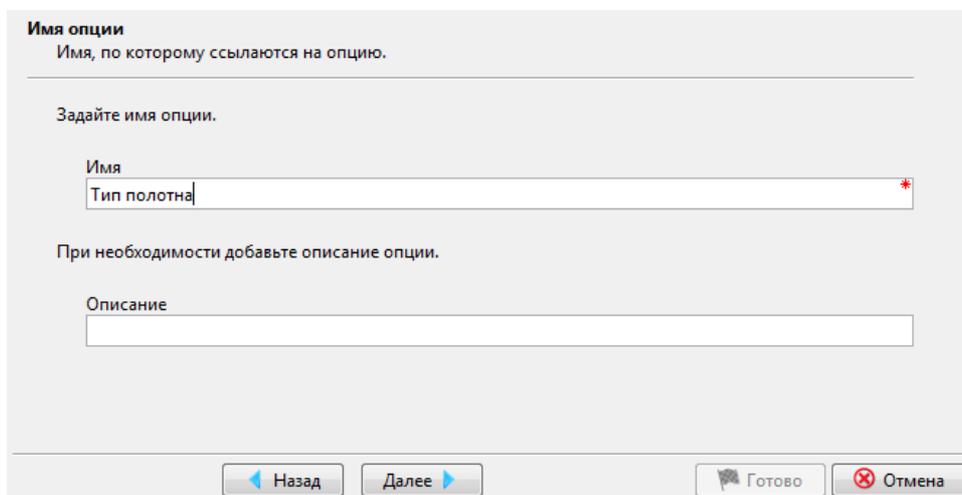


Рис. 6. Задание имени опции

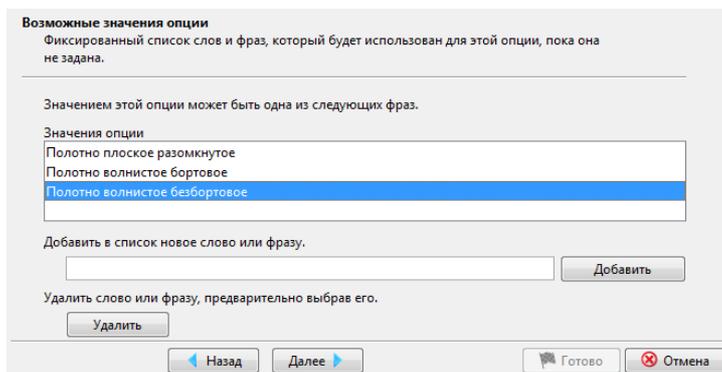


Рис. 7. Присвоение значения опции

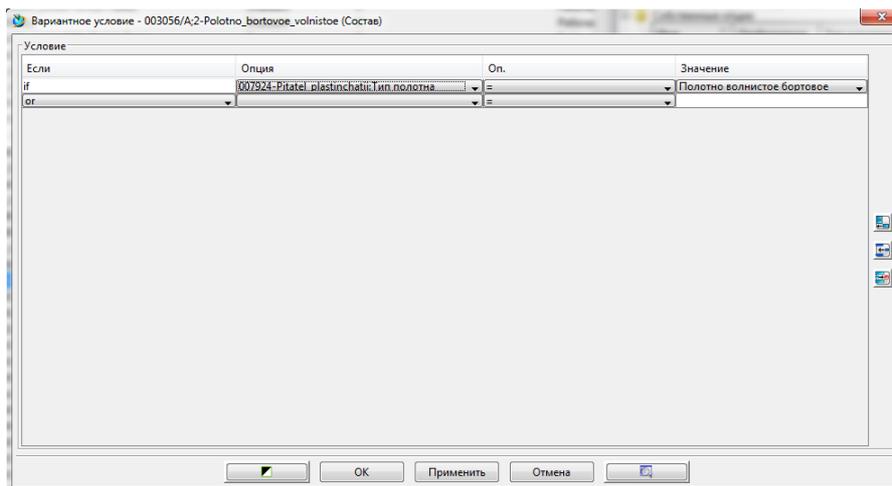


Рис. 8. Создание условия вхождения для полотна волнистого бортового

Таким образом, создав условия вхождения, состоящие из одной опции и трех ее значений,

была получена вариантная структура, состав которой представлен на рисунке 9.

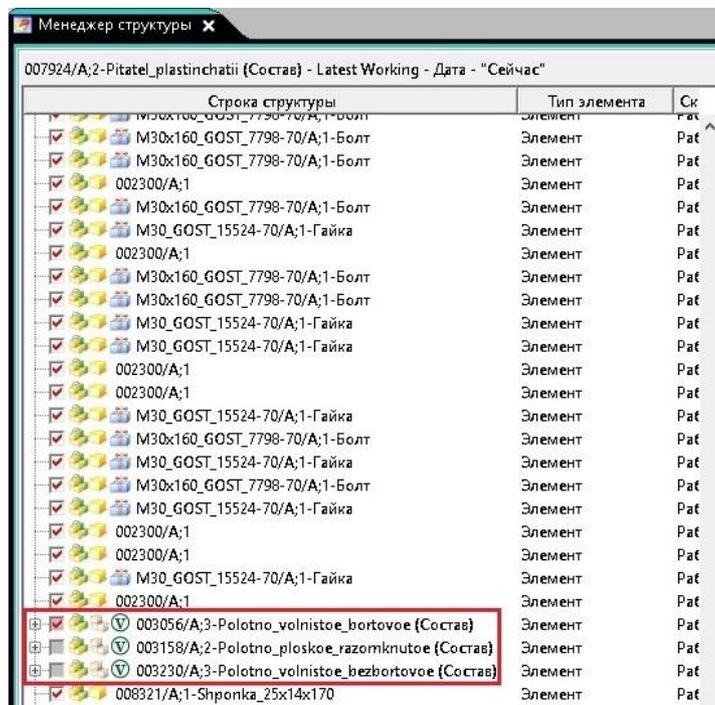


Рис. 9. Вариантная структура

Теперь необходимо сконфигурировать вариантную структуру и создать варианты изделия. В качестве примера сконфигурируем струк-

туру таким образом, чтобы в качестве одного из вариантов тягового органа было «Полотно волнистое бортовое» (рис. 10)

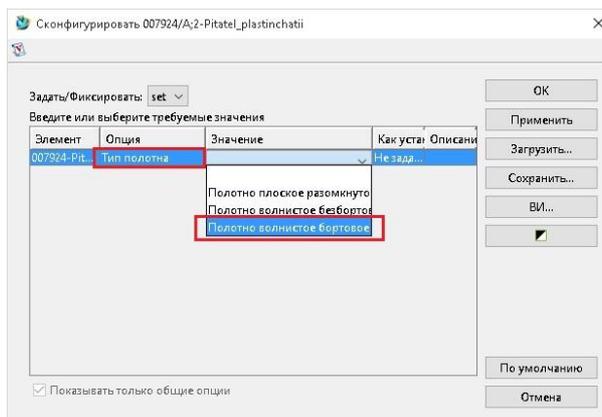


Рис. 10. Выбор опции и значений

В результате будет получен сконфигурированный состав сборки ковшевого питателя в «Менеджере структуры», в качестве тягового

органа будет установлен вариант «Полотно волнистое бортовое» (рис. 11).

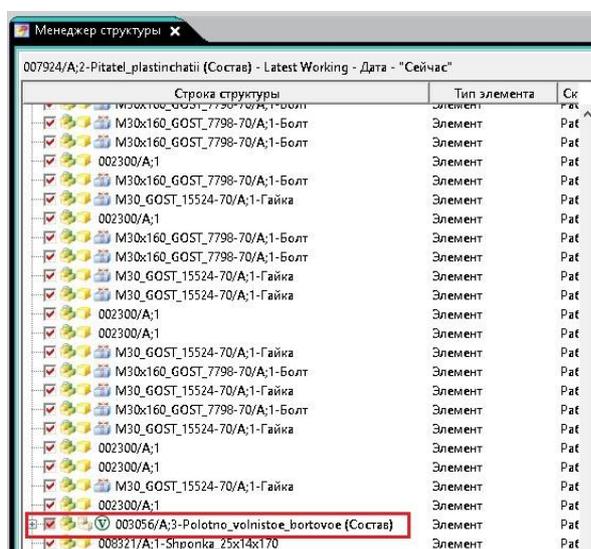


Рис. 11. Сконфигурированный состав изделия

На основе сконфигурированного состава сборки можно создать вариантное изделие, которым фактически является модель ковшевого

питателя, заполнив базовую информацию об элементе, создадим изделие (рис. 12).

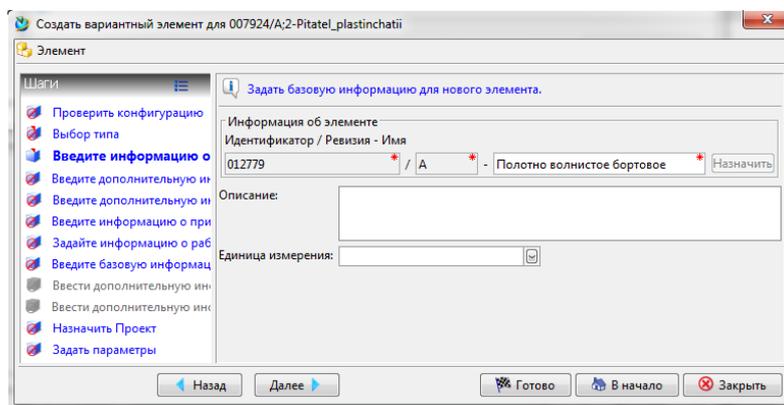


Рис. 12. Назначение базовой информации

Таким же образом, конфигурируются оставшиеся два варианта тягового

органа и в итоге создаются три вариантных изделия (рис. 13 а, б, в).

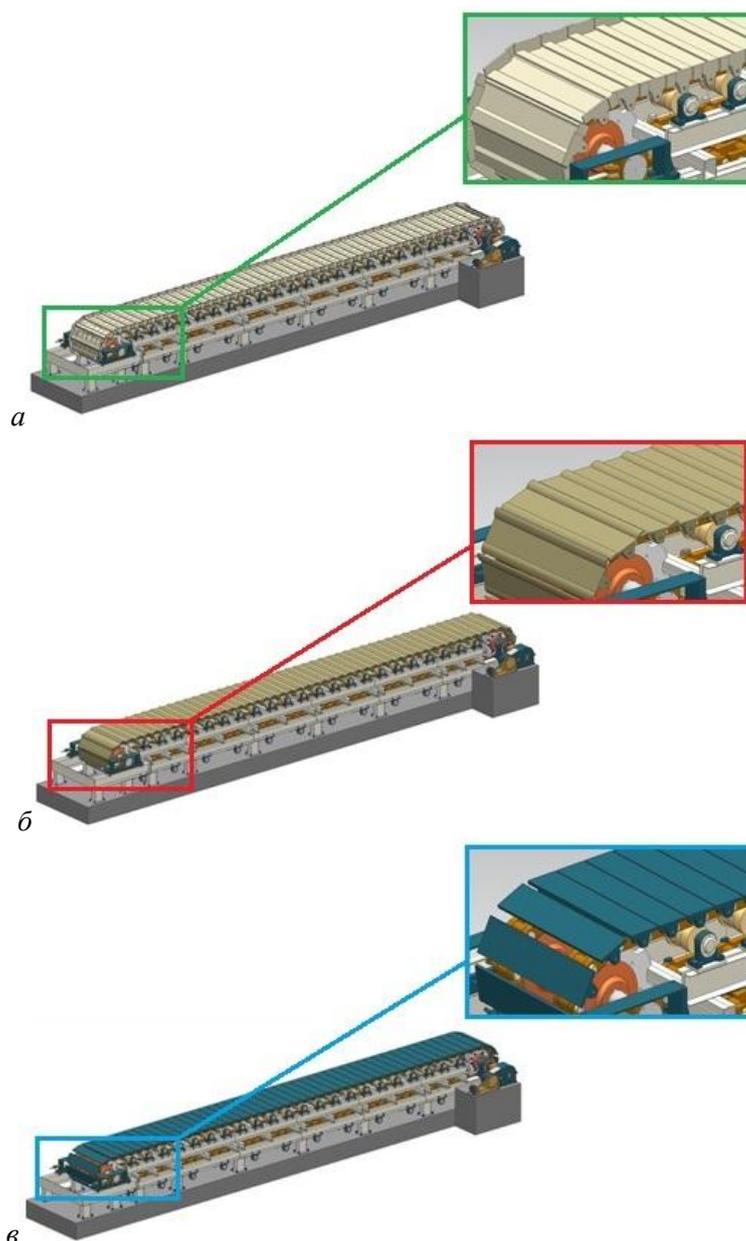


Рис. 13. Вариантные изделия

После выполнения трехмерной модели и создания вариантных изделий с помощью приложения, проводятся все необходимые расчеты, и создается документация к проекту в виде чертежей общего вида, сборочных единиц, деталей.

В рассмотренном проекте ковшевого конвейера, различные варианты исполнения были сделаны для одного рабочего органа машины, однако описанную выше методику можно использовать и на большем количестве вариантов изделия, при условии добавления дополнительных опций и задания соответствующих им значений. Создание электронно-цифровой модели ковшевого конвейера с применением вариантных структур оправдано с точки зрения количества деталей и сборочных единиц входящих в состав машины, поскольку отпадает необходимость проектировать каждый раз ковшевой конвейер заново, что существенно экономит время

и средства на разработку изделия и выпуск проектно-конструкторской документации.

Можно сделать вывод, что возможность создания вариантных изделий значительно экономит время на проектирование, позволяет снизить трудоемкость, упрощается процедура внесения изменений, поскольку работа ведется с единым составом изделия и в итоге повышает конкурентоспособность предприятия и влечет повышение прибыли, что особо актуально на современном рынке производства оборудования.

**Проект выполнен при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №15-47-03057 с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тороп Д.Н., Терликов В.В. Teamcenter. Начало работы. Изд. ДМК Пресс, 2011. 280 с
2. Ельцов М.Ю., Козлов А.А., Седойкин А.В., Широкова Л.Ю. Проектирование в NX под управлением Teamcenter. 2010. 783 с.

Bogdanov V.S., Eltsov M.Y., Stativko S.A., Antsiferov S.I.**GENERAL PRINCIPLES FOR THE DESIGN OF STRUCTURES VARIANCE CEMENT WORKS EQUIPMENT**

The principles of designing the structure of the equipment variant building materials industry. The technique of using modern computer-aided design systems under the control of product lifecycle management. Considered a project to develop digital models of Bucket feeder with various embodiments of the pulling unit. Using CAD / CAM / CAE NX system has been developed electronic digital model Bucket feeder, which includes all versions of drawbar organ. Configure variant structures and the creation of three variant products representing three ladle feeder with different traction authorities.

Key words: Variant structures, computer-aided design, ladle feeder varies the product configuration, the composition of the product.

Богданов Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: v.bogdanov1947@gmail.com

Ельцов Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: mickle.yeltsov@gmail.com

Стативко Сергей Андреевич, студент кафедры механического оборудования.

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

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

Анциферов Сергей Игоревич, аспирант, инженер кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: anciferov.sergey@gmail.com

Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.,
Четвериков Б.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ КАЧЕНИЯ*

avtpost@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы, связанные с определением основных характеристик устройства для автоматизированного бесконтактного контроля круглости радиусных поверхностей качения подшипниковых опор буровых долот с применением ПЗС-матриц (сокр. от «прибор с зарядовой связью»). В частности, теоретически, а затем и экспериментально устанавливается минимальное допустимое количество проекций при идентификации геометрии поверхности качения лапы шарошечного долота. При этом конечным результатом экспериментального исследования является не только найденное минимальное количество позиций, в которых происходит фиксирование проекции необходимого элемента геометрии контролируемого объекта, но и необходимая частота его вращения. Таким образом, определены характеристики устройства для автоматизированного бесконтактного контроля и синхронизируя фиксацию ПЗС-матрицей изображения с частотой вращения объекта, возможна реализация на практике как предложенного устройства, так и аналогичных устройств, используемых для контроля профилей отдельных элементов деталей типа – тел вращения.

Ключевые слова: бесконтактный контроль, автоматизация, долото, дорожка качения, ПЗС-матрица.

Введение. В производственном процессе получения различных изделий практически все этапы механической обработки деталей тесно связаны с контрольными операциями. Неоспоримым является тот факт, что около 15–20 % от себестоимости готовой продукции составляют затраты на контроль [1]. Следовательно, появляется одна из основных задач – снижение себестоимости при неизменном уровне качества изготавливаемых изделий. Решение этой задачи авторы видят в разработке новых методов и средств контроля, которые позволили бы снизить если не значительную часть себестоимости, то большую часть финансовых затрат на претензии от потребителей конечного продукта, что в конечном итоге через определенный срок позволило бы окупить стоимость модернизации рабочих мест, на которых происходит контроль. В частности, предлагается модернизировать [2, 3] производственную систему получения бурового инструмента путем интеграции в нее специального устройства для автоматизированного бесконтактного контроля геометрии поверхности качения лапы бурового долота. Такой вариант, по мнению авторов, является наиболее целесообразным, еще и потому, что разработка методов и средств бесконтактного определения формы в настоящее время является одним из самых перспективных направлений в области не только машиностроения, но и приборостроения [4]. Также авторами накоплен определенный опыт в разработке и реализации подобных устройств и

приборов для контроля геометрических характеристик деталей [5]

Основная часть. Дорожка качения лапы представляет из себя поверхность, образованную вращением профиля, имеющего форму дуги, вокруг оси канавки. На рис. 1 показана часть лапы с дорожкой качения.



Рис. 1. Дорожка качения лапы трехшарошечного долота

Для определения геометрии поверхности качения предлагается применить метод бесконтактного контроля, основанный на анализе проекций, полученных в результате покадровой фиксации изображения дорожки качения лапы бурового долота при помощи ПЗС-матрицы и

специально разработанного ПО. Схема метода бесконтактного контроля круглости дорожки

качения изображена на рис. 2.

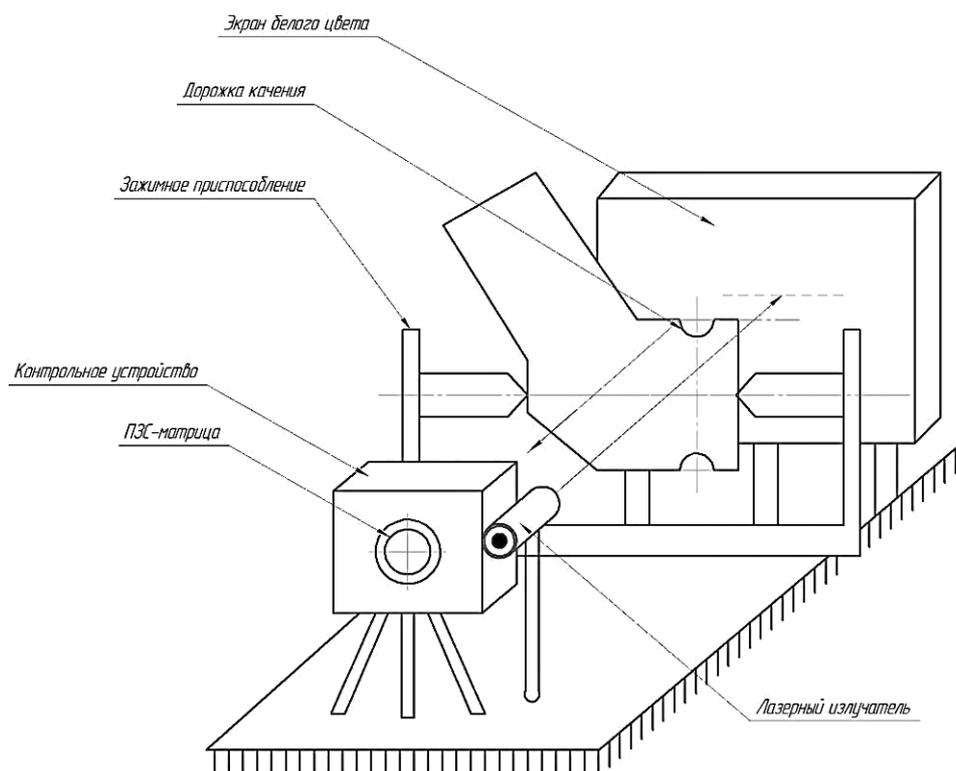


Рис. 2. Метод бесконтактного контроля круглости дорожки качения

Для реализации ПО были разработаны алгоритмы, один из которых подробно описан в [6]. Оба алгоритма реализованы на основе методов бесконтактного контроля, основанных на анализе конвертированного изображения, в одном случае – это пиксельное изображение реальной оси дорожки качения, данный алгоритм необходим для выверки измерительной оси контрольного устройства; в другом – пиксельное изображение профиля дорожки качения, этот алгоритм служит для определения отклонения от круглости.

Подробнее остановимся на алгоритме контроля круглости. В результате его функционирования возможно проконтролировать геометрию дорожек качения в одном сечении лапы. При этом основной является задача определения минимального допустимого количества позиций (сечений) для обеспечения достоверности результатов такого контроля [7].

Так как канавка представляет собой поверхность вращения, образующей которой является дуга, то для полного представления об отклонении от круглости следует фиксировать его в каждом продольном сечении канавки. Эксперимент по определению минимального количества позиций проведем следующим образом. Для этого закрепим лапу в жимном приспособлении и произведем поворот детали на 360° ,

то есть сделаем один оборот вокруг оси вращения лапы. Количество позиций предварительно определим из следующего условия: число позиций выбираем кратное двум для того, чтобы провести оценку в двух противоположных позициях независимо от общего количества измерений, тем самым получая результат отклонения на двух равноудаленных от оси вращения лапы точках. Таким образом, произведем серию измерений с количеством позиций контроля – 2, 4, 8...128. Измерения с таким же количеством позиций повторим вручную известными контрольными приборами для определения геометрических параметров дорожек качения. Результаты эксперимента сведем в табл. 1.

Построим графики измеренного предложенным методом и вручную отклонения от круглости и представим их на рис. 3.

Из построенных графиков видно, что наибольшая сходимость значений отклонения от круглости наблюдается на участке между 32 и 64 позициями. Выполнив трассировку значений с помощью пакета *MathCAD*, была найдена точка в которой пересекаются графики, аргументов которой является значение равное 62 позициям. При этом допуском на измерение отклонения от круглости считаем $T_{\Delta \text{изм.}} = 0,025$ мм, при котором оценка происходит за 62 позиции.

Таблица 1

Полученные значения отклонения от круглости в зависимости от количества позиций контроля

Количество позиций	2	4	8	16	32	64	128
Измеренное предложенным способом отклонение от круглости, мм	0,031	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025
Измеренное вручную отклонение от круглости, мм	0,025	0,022	0,024	0,025	0,024	0,025	0,026

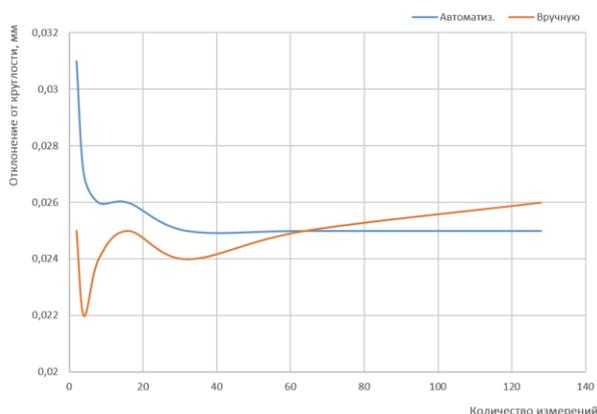


Рис. 3. График количества измерений отклонения от круглости за один оборот детали

Однако для установления более точного минимально допустимого количества измерений, следует провести процедуру аналогичную описанной выше, но уже с количеством позиций 32...64, при этом каждый раз разбивая этот интервал на два одинаковых по разнице. Производим контроль с количеством позиций 32...48 и 48...64, далее в зависимости от того на каком участке пересекутся графики разбиваем необходимый также на два участка – либо 32...40 и 40...48, либо 48...56 и 56...64 и т.д., продолжая определять на каком участке графиков наблюдается наибольшая их сходимость и определяя пересечение. Было экспериментально получено минимально допустимое количество измерений (позиций) $N_{изм.}=58$ при соответствующем допуске на измерение $T_{\Delta изм.}=0,025$ мм, а также для заданной размерности пикселя ПЗС-матрицы, расстояния до объекта, данной оптической системы и других условий, влияющих на процесс контроля.

Определив минимально допустимое количество позиций контроля, необходимо определить значение частоты вращения лапы, при котором его результаты будут достоверными. Эта физическая величина напрямую зависит от количества измерений $N_{изм.}$, а также от допуска на измерения $T_{\Delta изм.}$. При этом должно выполняться следующее условие (1):

$$N_{изм.об.} \geq N_{изм.}, \tag{1}$$

то есть найденное экспериментально количество позиций $N_{изм.}$ не должно превышать количества позиций за оборот детали $N_{изм.об.}$.

Таким образом, в зависимости от полученного допуска $T_{\Delta изм.}$ определим теоретически какое минимальное количество позиций требуется для обеспечения необходимой точности, а также достоверности контроля. Для этого сформулируем еще одно условие обеспечения достоверности: при съемке видимая часть дорожки катания не должна выходить за допуск на измерение $T_{\Delta изм.}$. Наглядно изобразим данное условие на рис. 4.

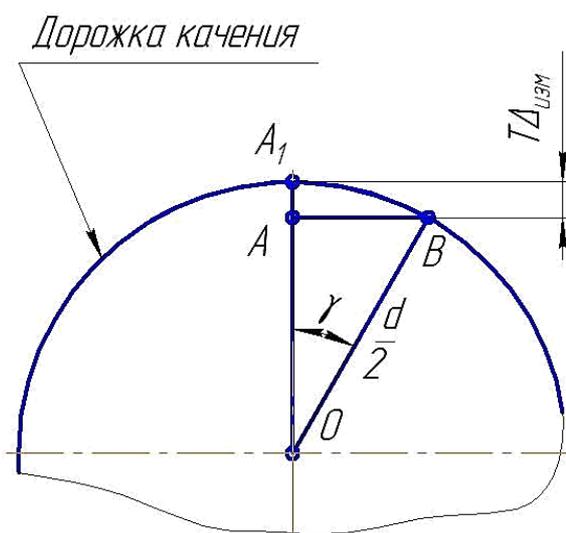


Рис. 4. Условие для обеспечения достоверности результатов контроля круглости дорожки катания:
 $AA_1 = T_{\Delta изм.}$ – допуск на измерения, мм;
 $OB = d/2$ – радиус канавки по впадине, мм; γ – угол поворота на следующую позицию, °;
 O – ортогональная проекция оси вращения лапы на плоскость её поперечного сечения

Исходя из известных тригонометрических функций получим модель (2) для определения позиций контроля за один оборот детали.

$$N_{изм.об.} = \frac{360}{\arccos \frac{D/2 - T_{\Delta изм.}}{D/2}} \tag{2}$$

Подставив в выражение (2) известные значения переменных, получаем $N_{изм.об.}=180$, то есть условие (1) выполняется и достоверность контроля обеспечена.

Далее найдем значение частоты, с которой должен вращаться контролируемый объект в процессе измерений. Для этого необходимо определить время оборота детали $t_{об}$, которое также является периодом вращения детали. Подобный расчет проведен авторами в работе [8]. Время выполнения измерений в одной позиции обозначим $t_{изм}$. При этом появляется еще одно условие (3) для обеспечения достоверности контроля:

$$t_{об} \geq t_{изм} \cdot N_{изм.об.}, \quad (3)$$

то есть за время одного оборота должно пройти такое количество измерений, чтобы общее время измерений не превысило значение периода вращения.

Для обеспечения достоверности проведем серию измерений для определения среднего значения времени измерений в одной позиции

$t_{изм.ср.}$. Сведем результаты эксперимента в табл. 2.

Таким образом величину $t_{изм}$ можно получить из выражения (4):

$$t_{изм.ср.} = t_{изм.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{изм.ср.i}}{n} \quad (4)$$

Отсюда: $t_{изм}=1,44$ с. Подставляем это значение и $N_{изм.об.}$ в выражение (3) и получаем $t_{об}=259,2$ с.

Частота вращения ν является физической величиной (5), обратной периоду вращения:

$$\nu = 1/t_{об} \quad (5)$$

Получаем значение частоты вращения, равное $\nu=0,004$ об/с.

Таблица 2

Средние значения времени контроля $t_{изм.ср.}$ в одной позиции измерений

№ серии	1	2	3	4	5	6	7
$N_{изм.}$	2	4	8	16	32	64	128
$t_{изм.ср.}$, с	1,45	1,43	1,45	1,44	1,45	1,46	1,45

Выводы. Экспериментально установлено минимальное допустимое количество позиций контроля, а также доказано, что это значение обеспечивает достоверность автоматизированного бесконтактного контроля при найденной частоте вращения контролируемого объекта. Таким образом, синхронизируя частоту фиксации проекций профиля поверхности на ПЗС-матрицу с частотой вращения детали, обеспечивается требуемая точность измерений и становится возможной реализация устройства для автоматизированного бесконтактного контроля формы дорожек качения.

**Работа выполнена в рамках гранта: «Проект ПСР № 2011-ПП- 146», договор № А-7/14 от 10.04.2014 г.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломенцев Ю.М., Павлов В.В. Моделирование производительных систем в машиностроении: монография. М.: Янус-К, 2010. 228 с.

2. Тетерина И.А., Блудов А.Н., Табекина Н.А. Модернизация оборудования и технологического процесса восстановления колес железнодорожного транспорта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 96–100.

3. Маслова И.В., Блудов А.Н. Обоснование использования управляемого процесса при

восстановлении формы крупногабаритного тела вращения, не имеющей стационарную ось вращения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С.76–79.

4. Миронченко В.И. Автоматизация контроля геометрических параметров изделий. М.: ГосНИИ "Расчет", 2011. 208 с.

5. Пат. 121362, МПК G01B11/00. Лазерное устройство для определения погрешности формы крупногабаритных объектов. / Б.С. Четвериков, М.С. Чепчуров, А.Н. Блудов; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова - №2012126282/28, заявл. 22.06.12, опубл. 20.10.12, бюл. №29. 7 с.

6. Четвериков Б.С., Чепчуров М.С. Автоматизация процесса оценки точности канавки катания при изготовлении лапы бурового долота // Информационные системы и технологии. 2015. № 4. С. 82–89.

7. Чепчуров М.С. Контроль и регистрация параметров механической обработки крупногабаритных деталей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 232 с.

8. Chetverikov B.S., Chepchurov M.S., Pogonin D.A. Definition of shape and position of complex geometric surfaces // World Applied Sciences Journal. 2014. Vol. 31. № 4. P. 526-530.

Cherchurov M.S., Chetverikov B.S.**POSITIONING OF PARTS IN THE AUTOMATED NONCONTACT CONTROL OF THE FORM OF ITS ROLLING SURFACE**

The article discusses issues related with the definition of the basic characteristics of the device for automated noncontact control of roundness curved surfaces of rolling bearings of drill bits using CCDs (abbr. from the "Charge Coupled Device"). In particular, it is theoretically and experimentally and then set the minimum number of projections in the identification of the geometry of the rolling surface paws of the rock bit. Thus the result of the pilot study is not only found the minimum number of positions in which there is an essential element fixing projection geometry of the object under control, and the required frequency of its rotation. Thus, the defining characteristics of the device for automated non-contact control and synchronizing fixation CCD image with a rotation of the object can be implemented in practice, as the proposed device and similar devices used to control the shape of each element type parts - the bodies of rotation.

Key words: noncontact control, automation, drilling bit, rolling way, CCD-matrix.

Чепчуров Михаил Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: avtpost@mail.ru

Четвериков Борис Сергеевич, аспирант кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: await_rescue@mail.ru

Санин С.Н., канд. техн. наук, доц.,
Оникиенко Д.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МОБИЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БАНДАЖЕЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ПЕЧЕЙ С БАЗИРОВАНИЕМ ПО ТОРЦОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОТВЕРСТИЮ

senis81@mail.ru

В настоящее время оборудование цементных заводов изношено более чем на 80%. Однако тенденция к развитию инфраструктуры, к росту жилищного и дорожного строительства вскоре потребует наращивания объемов производства цемента. В этой связи потребуется не только качественно отремонтировать изношенное оборудование, но также нарастить производственные мощности, путем строительства новых цементных заводов. В этой связи авторам представляется более выгодным осуществлять производство деталей вращающихся цементных печей в непосредственной близости от их последующей эксплуатации. Для этого следует разработать комплект мобильного оборудования, способного осуществлять механическую обработку деталей непосредственно на площадках цементных заводов. В данной статье авторами предлагается концепция построения одного из элементов такого оборудования - станка для обработки бандажей, а точнее, его базовой части. Авторами дается обоснование схемы базирования обрабатываемой детали, способа обеспечения радиальной подачи, а также дается обоснование необходимой прочности конструкции мобильного стенда для обработки бандажей.

Ключевые слова: мобильный стенд, механическая обработка, тяжелое машиностроение, бандаж вращающейся печи.

Безрамная технология как отрасль технологии машиностроения начала формироваться в середине 80х годов прошлого века. Ученые и инженеры, стоявшие у ее истоков, предложили использовать в качестве базы для установки металлообрабатывающего оборудования элементы обрабатываемых деталей или их узлов, как это, например, происходит при обработке бандажей вращающихся цементных печей (ВЦП) [1]. Были разработаны способы и оборудование для механической обработки бандажей, как с демонтажем с вращающейся печи [2], так и без демонтажа [3, 4].

Причем, если при обработке бандажа без демонтажа с ВЦП в качестве главного движения использовалось рабочее вращение печного агрегата, то при обработке бандажа вне печи для приведения его во вращения был разработан специальный стенд, в котором бандаж приводился в движение с помощью пары опорных роликов, на которые он базировался своей поверхностью катания. При этом сложности возникали при обеспечении устойчивости бандажа в отсутствии обечайки печи. Но эта проблема была успешно решена профессором Н.А. Пелипенко [2].

Невзирая на успешное решение, оно не лишено недостатков, так как сопряжено пусть и с незначительной, но все же вероятной опасностью опрокидывания бандажа в процессе резания при ошибках в выверке положения бандажа на роликах или при неправильном назначении

режимов резания. Соответственно, опрокидывание бандажа может привести к неприятным последствиям для персонала, выполняющего его механическую обработку или подготовку к ней. Кроме того, схема базирования, описанная в [2], не позволяет исключить погрешность, связанную с искажением формы обрабатываемой детали под собственным весом, а также с недостатками самой теоретической схемы базирования [5].

Гораздо более удобной схемой базирования в этом отношении является схема с использованием торцовой поверхности бандажа в качестве установочной базы (рис. 1). Используя эту схему базирования можно исключить влияние гравитации на искажения формы обрабатываемой поверхности бандажа, ввиду того, что жесткость сечения бандажа в поперечном направлении на порядок выше, а доля массы бандажа, воздействующая на опорный участок на порядок ниже, чем при базировании по обрабатываемой поверхности.

Такая же схема базирования используется в процессе изготовления бандажей в заводских условиях. В условиях площадки цементного завода использование уникальных станков по понятным причинам невозможно, поэтому следует все также опираться на принципы безрамной технологии механической обработки и разработать концепцию специального передвижного стенда, обеспечивающего принятую схему базирования обрабатываемой детали.

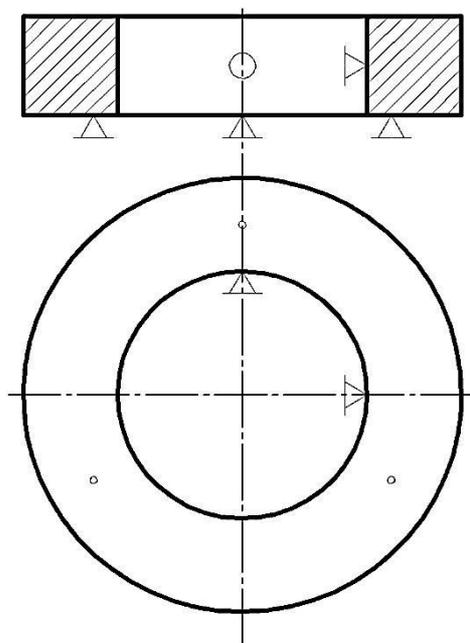


Рис. 1. Схема базирования бандажа

Как правило, для обработки бандажей используются приставные или встраиваемые станки [2], у которых имеются только приводы продольной подачи, а в случае применения шлифовального станка, еще и привод главного движения [5]. Для обработки бандажа с применением станда потребуется снабдить стенд приводом вращения, предназначенным для распростране-

ния процесса резания вдоль круговой образующей бандажа (круговую подачу).

Для реализации классического привода вращения в конструкции станда потребовалось бы использовать большую планшайбу, диаметр которой превышал бы диаметр обрабатываемого бандажа. При этом масса станда превысила бы массу обрабатываемого бандажа в несколько раз, и уже нельзя было бы говорить о какой бы то ни было мобильности станда. В этой связи более интересным представляется решение, при котором в качестве приспособления для установки обрабатываемого бандажа вместо планшайбы применяется группа из трех равномерно распределенных по окружности опорных роликовых узлов (рис.2). Каждый опорный узел должен включать один опорный и один приводной ролик. Три опорных ролика, имеющих почти горизонтальные оси вращения и распределенные относительно оси вращения бандажа с шагом в 120° будут обеспечивать опорную технологическую базу для бандажа. Другая тройка роликов, оси которых должны быть вертикальны, будут обеспечивать центрирующую базу для бандажа. Они же будут являться источниками вращательного движения для обеспечения круговой подачи бандажа.

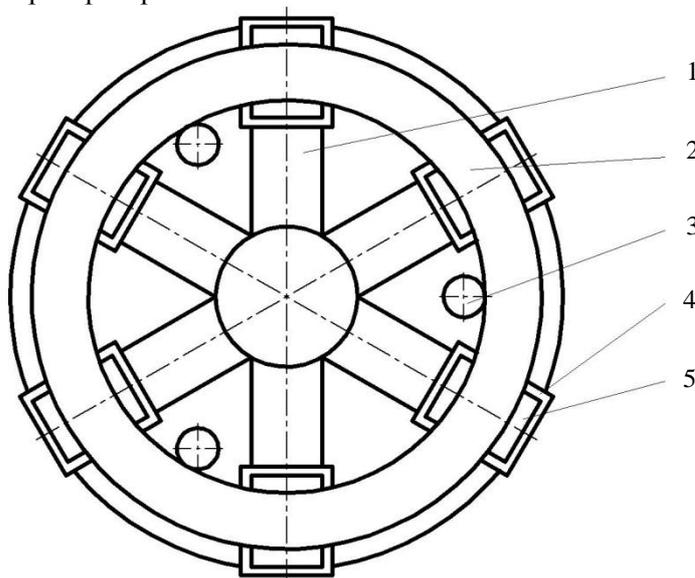


Рис. 2. Концептуальная схема станда:

1 – рама; 2 – бандаж; 3 – приводной ролик; 4 – суппорт; 5 – опорный ролик

Опорные узлы устанавливаются на легкую, но прочную и жесткую раму 1, которая базируется на бетонной площадке и предварительно выверяется по уровню.

Приводные центрирующие ролики 3 должны иметь возможность синхронного перемещения относительно опорной рамы 1, что позволит обеспечить точное центрирование бандажа относительно теоретической оси его отверстия.

Авторы полагают, что все ролики опорной рамы попарно должны быть объединены в единые опорные узлы (рис. 3). Каждый такой узел имеет направляющую 5 и привод для обеспечения радиального движения узла.

Рассмотрим конструкцию опорного узла. Он состоит из опорного ролика 1, установленного в подшипниках качения 2 и 3 на суппорте 4

опорного узла, который в свою очередь закреплен на направляющей 5 рамы.

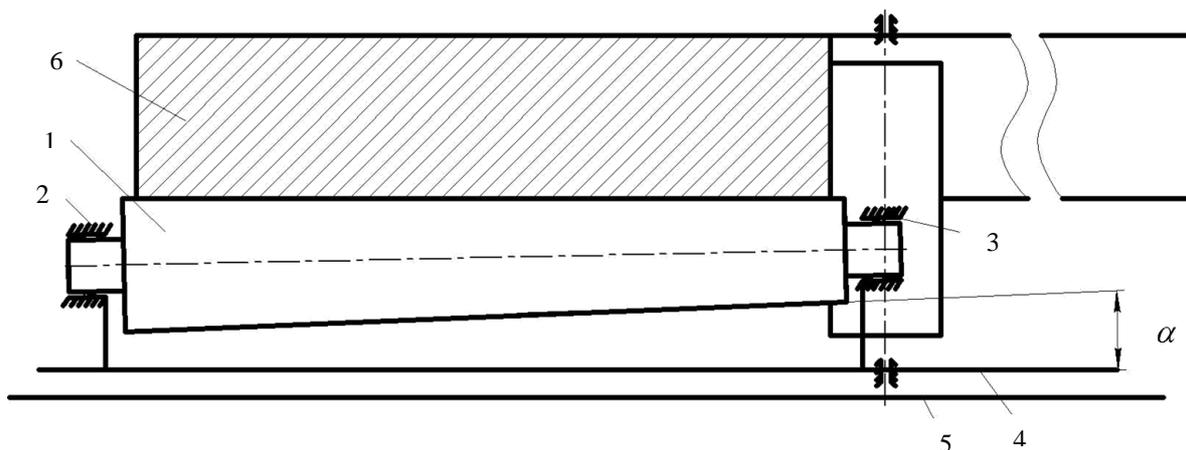


Рис. 3. Схема узла опорного ролика

Так как линейные скорости в разных точках базовой линии на торцевой поверхности бандажа не одинаковы, при взаимодействии поверхности торца бандажа 6 с наружной поверхностью опорного ролика 1 возможно проскальзывание. В связи с этим опорный ролик имеет коническую форму (см. рис. 3), причем угол конусности выбирается исходя из разности линей-

ных скоростей крайних точек линии его контакта с обрабатываемым бандажом ВЦП.

При этом следует иметь виду, что чтобы обеспечить линейный контакт поверхности опорного ролика с базовым торцом бандажа, необходимо опорный ролик расположить под некоторым углом к горизонту (см. рис. 3).

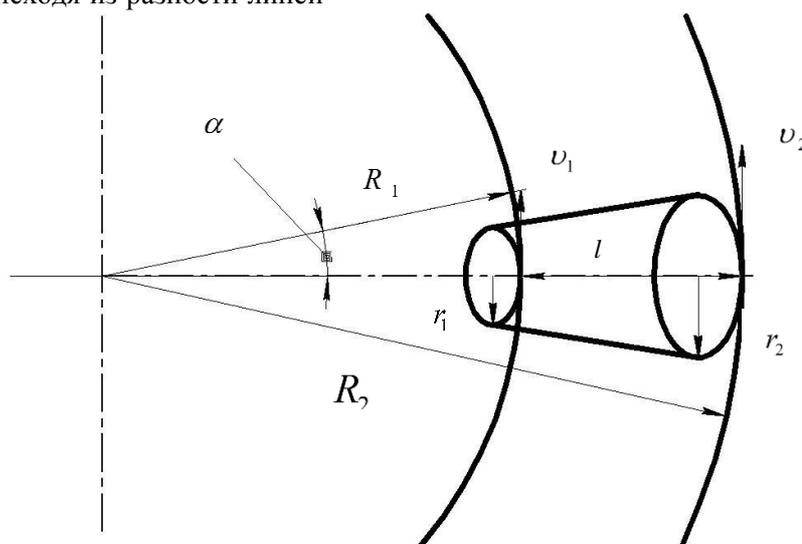


Рис. 4. Распределение линейных скоростей вдоль базовой линии бандажа

l – толщина бандажа; v_1 и v_2 – скорости точек контакта

Известно, что при вращении бандажа угловая скорость ω всех точек его поверхности одинакова и равна:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \quad (1),$$

где ν – частота вращения бандажа, с^{-1} ; n – то же в об/мин.

Для определения угла конусности опорного ролика, рассмотрим расчетную схему (рис. 4). Для отсутствия проскальзывания при относительном вращении двух деталей скорость $v_{1\phi}$

бандажа должна быть равна скорости v_{1p} ролика, а также $v_{2\phi} = v_{2p}$:

$$v_p = v_\phi = \omega R = \frac{\pi n}{30} R, \quad (2)$$

где R – радиус бандажа.

Линейные скорости точек поверхности ролика, расположенных ближе к оси вращения бандажа v_1 и дальше от оси бандажа v_2 определяются по формулам:

$$v_1 = \frac{\pi n}{30} R_1, \quad (3)$$

$$v_2 = \frac{\pi}{30} R_2, \quad (4)$$

где R_2 – внешний радиус бандажа; R_1 – внутренний радиус бандажа.

Подставив уравнения (3) и (4) в уравнение (1), с учетом равенства угловой скорости всех точек поверхности бандажа получим:

$$\omega = \frac{v_1}{r_1} = \frac{v_2}{r_2}, \quad (5)$$

где r_1 – наименьший радиус конуса опорного ролика, получаемый из условия расчета на прочность.

Решая уравнение (5) относительно r_2 , получим значение наибольшего радиуса конуса опорного ролика:

$$r_2 = \frac{r_1 - v_2}{v_1}. \quad (6)$$

Угол конусности опорного ролика (рис. 5) может быть определен по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta r}{l} = \frac{r_2 - r_1}{l}, \quad (7)$$

где $l = R_2 - R_1$ – толщина тела бандажа или длина линии контакта бандажа и опорного ролика (см. рис. 4).

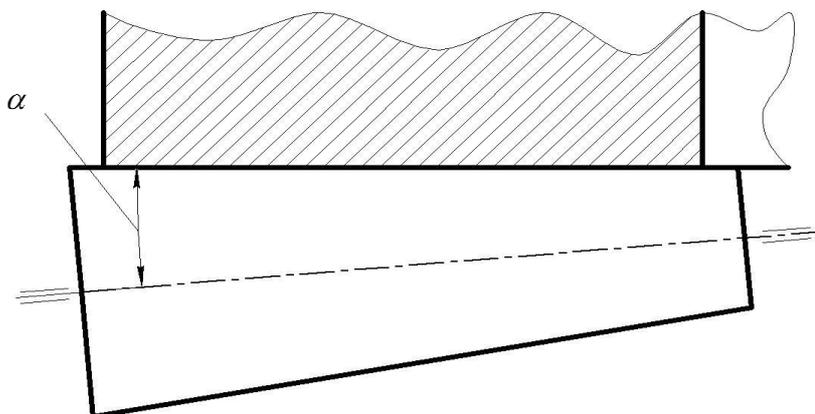


Рис. 5. Схема определения угла конусности опорного ролика

Подставим уравнения (5) и (6) в формулу (7) и получим:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{r_1 - v_2}{v_1} - r_1}{R_2 - R_1} = \frac{r_1 \left(\frac{v_2}{v_1} - 1 \right)}{R_2 - R_1} = \frac{r_1 \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right)}{R_2 - R_1} \quad (8)$$

После преобразования получим значение искомого угла α :

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{r_1 \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right)}{R_2 - R_1}, \quad (9)$$

Расчет углов опорного ролика для установки бандажа диаметром 6300 мм показал, что минимальный угол α будет равен $1^{\circ}12'$.

Учитывая значительные массогабаритные показатели бандажей и вероятность возникновения повышенных нагрузок при принятой схеме базирования, все опорные узлы следует подвергнуть тщательному расчету.

Как ясно из схемы базирования бандажа – его базовый торец является установочной технологической базой, которая должна содержать три опорные точки для обеспечения элементарной устойчивости (см. рис. 1). Эти точки при установке на разработанный стенд заменяются

тремя прямоугольными площадками торцевой поверхности бандажа, контактирующими с поверхностями трех опорных роликов стенда.

При равномерном шаге между опорными роликами резонно предположить, что вся нагрузка от силы тяжести бандажа равномерно распределяется между тремя опорными узлами.

Для выполнения расчета минимальных диаметров опорных роликов составим расчетную схему (рис. 6).

Бандаж действует на ролик как распределенная нагрузка (по прямоугольному пятну контакта), однако для упрощения расчетной схемы заменим его действие сосредоточенной силой, равной одной трети силы тяжести:

$$F = \frac{mg}{3}, \quad (10)$$

где m – масса бандажа, g – ускорение свободного падения.

Так как ось ролика расположена под углом к горизонту, то сила F может быть представлена как сумма радиальной N и продольной Q составляющих. В результате в опорах ролика возникают радиальные (R) и продольные (H) силы реакции.

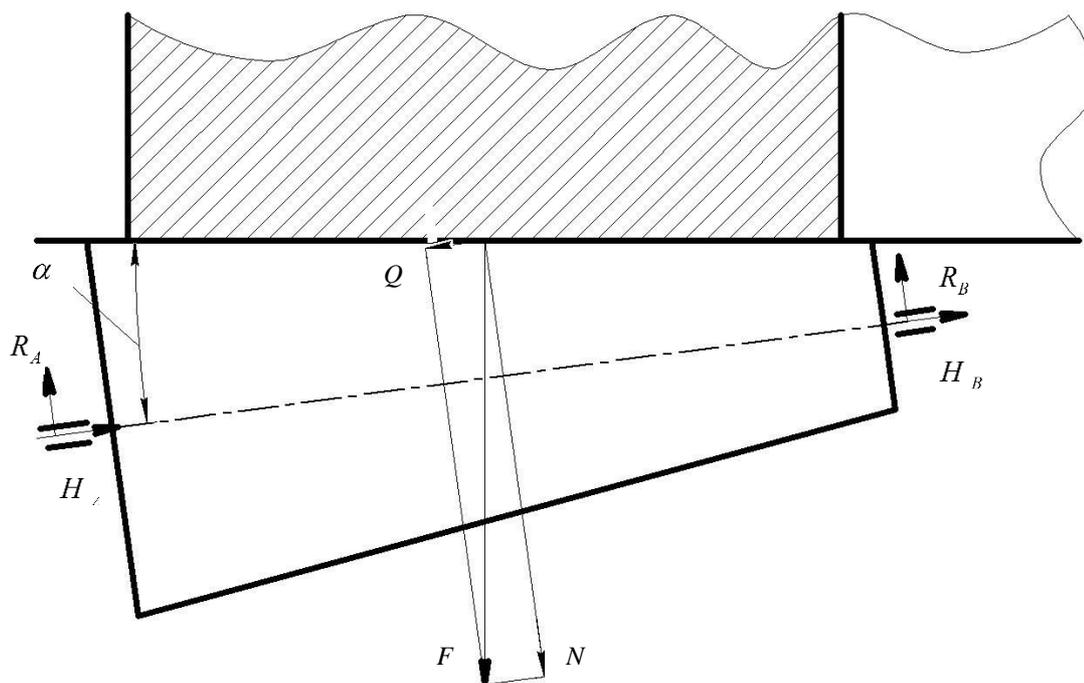


Рис. 6. Схема действия сил на опорный ролик станда

Так как Опорный ролик будет расположен под углом к горизонту, основную нагрузку примет на себя нижняя опора. Ее следует принять в расчетах шарнирно - неподвижной. Вторая опора будет шарнирно-подвижной для исключения статической неопределимости.

Расчеты показывают, что для бандажа, диаметром 6300 мм и массой 60000 кг опорный ролик должен иметь минимальный диаметр равный 95 мм. При этом материалом опорного ролика будет сталь марки 45 ГОСТ 1050-88 термически обработанная ТВЧ. Диаметры базовых шеек ролика должны быть не менее 60 мм.

Помимо трех основных роликов на случай перекоса бандажа конструкция станда предусматривает дополнительные опорные ролики 6 (см. рис. 2), равноотстоящие от основных опорных роликов 5. В случае перекоса бандажа возможно неравномерное распределение нагрузки между роликами. Для обеспечения безопасности работ при выполнении механической обработки такой тяжелой детали как бандаж, необходимо выявить возможные схемы распределения нагрузки на опорные узлы (рис. 7).

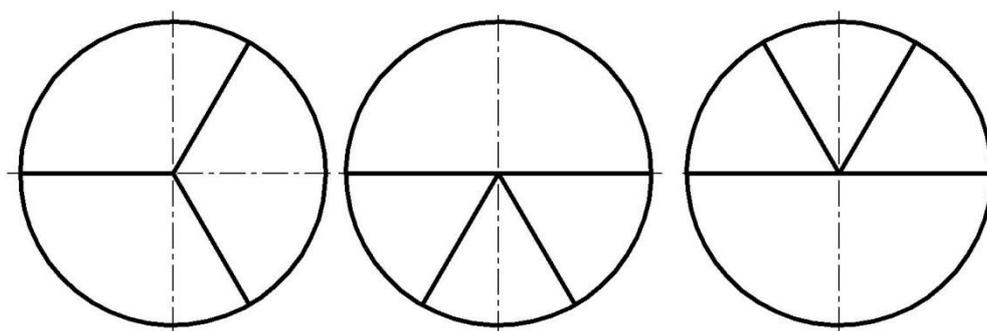


Рис. 7. Варианты схем распределения нагрузки между опорными роликами шестилучевого станда при перекосе бандажа

Исходя из полученных схем, рассчитанная величина силы реакции опоры в одном из опорных узлов может быть больше расчетной до полутора раз. При указанных ранее значениях диаметральных размеров опорного ролика необходимая прочность будет обеспечена.

Конструкцию рамы станда для обработки бандажей ВЦП, выполненного по предложенной концепции, следует сделать складной для уменьшения ее габаритных размеров. Это позволит перевозить станд к месту механической обработки бандажей автомобильным транспортом и исключить возможные риски, связанные с

опрокидыванием бандажа при его механической обработке.

Применение станда для обработки бандажей ВЦП, созданного по предложенной авторами концепции, позволит снизить трудозатраты, затраты на эксплуатацию уникального оборудования, позволит обеспечить необходимую точность механической обработки. А мобильность конструкции станда позволит применять его для механической обработки поверхностей бандажей как на заводе – изготовителе, так и при восстановлении изношенных поверхностей при капитальном ремонте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Погонин А.А., Горбатенко А.Н. К вопросу определения жесткости встраиваемого станка для обработки бандажей и роликов цементных печей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2003. №7. С. 49–50.
2. Пелипенко Н.А. Технология машиностроения: Учебное пособие. Белгород: изд. БТИСМ, 1991. 165 с.
3. Шрубченко И.В. Специальный адаптивный станок для обработки бандажей вращающихся печей// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2003. №7. С. 80–81.
4. Шрубченко И.В. Способы обработки поверхностей качения опор технологических барабанов с использованием мобильных технологий и оборудования: монография/ И.В. Шрубченко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 284 с.
5. Pelipenko N.A., Sanin S.N., Afanasjev A.A., Dujun T.A., Gunkin A.A. Introduction to Theory of Transverse Centerless Grinding of Large Cylindrical Surfaces/ Research Journal of Applied Sciences, 2014. #9. p. 696–699.

Sanin S.N., Onikienko D.A.

THE DEVELOPMENT OF CONCEPT OF MOBILE STAND FOR MASHINING OF BANDAGES OF ROTARY KILNS WITH BASING BY THE END SURFACE AND BY THE HOLE

Currently, cement plants equipment worn by more than 80%. However, the trend towards the development of infrastructure, to an increase in housing and road construction will soon require increasing volumes of cement production. This will require not only qualitatively renovate worn-out equipment, but also to increase production capacity through the construction of new cement plants. In this regard, the authors seem more profitable to carry out the production of parts rotating cement kilns in the vicinity of subsequent operation. To do this, should develop a set of mobile equipment that can carry out machining of parts is directly on grounds of cement plants. In this paper, the authors propose the concept of building one of the elements of such equipment - a machine for bandages mashing, or more precisely, its base part. The authors outline the rationale scheme of basing of workpiece, a method for providing a radial flow, and given the necessary support of the structural strength of the mobile stand for bandages mashing.

Key words: *mibile stand, mashing, heavy engineering, bandage of rotary kiln.*

Санин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

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

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

E-mail: senis81@mail.ru

Оникиенко Дарья Алексеевна, студент кафедры стандартизации и управления качеством.

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

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

E-mail:

Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,
 Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.,
 Шаптала В.В., канд. техн. наук, доц.,
 Гавриленко А.В., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКОВ ЦЕМЕНТНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИИ ЦЕМЕНТА*

GawrilenkoAW18@yandex.ru

В статье представлены выражения для расчета объемного расхода воздуха при пневмотранспортировании, расходной концентрации материала, а также выведена формула критической скорости воздуха в цементопроводе, при которой частицы не выпадают на дно трубопровода. Во всех стадиях процесса пневматического транспортирования цемент находится в газодисперсном состоянии, т.е. в виде смеси частиц и воздуха. Свойства таких смесей определяются не только свойствами самих частиц и находящегося между ними воздуха, но и соотношением их содержания.

Ключевые слова: пневмокамерный насос, пневмотранспортирование, псевдооживление, скорость истечения воздуха, двухфазная среда.

Введение. Соотношение обеих составляющих частей цементной аэросмеси характеризуется несколькими количественными показателями, важнейшим из которых является пористость или газосодержание. В установках для перекачки цемента пневмокамерными насосами реализуется наиболее экономичный режим пневмотранспортирования потоками с высокими концентрациями материала и низкими скоростями. Установлено, что расходная концентрация уменьшается с увеличением дальности транспортирования [1, 2, 5].

Основная часть.

В таких потоках объемная концентрация материала может достигать значений, близких к насыпному состоянию

$$\beta_{\max} = (0,9...0,95)\beta_0 = (0,54...0,57). \quad (1)$$

Такие высокие концентрации материала возникают на входе в цементопровод. Дальше по мере ускорения движения материала его концентрация снижается до уровня $\beta = (0,15-0,25)$. Массовые расходы воздуха и цемента в цементопроводе определяются соотношениями

$$G = F(1-\beta)\rho u, \text{ кг/с}; \quad (2)$$

$$G_M = F\beta\rho_M v, \text{ кг/с}; \quad (3)$$

где F – площадь поперечного сечения трубопровода, м²; ρ, ρ_M – плотности воздуха и цемента, кг/м³; u, v – их скорости, усредненные по площади поперечного сечения трубы, м/с.

Загрузка цементопровода материалом характеризуется его действительной или мгновенной массовой концентрацией, равной отношению массы материала к массе воздуха в каком-либо выделенном отрезке трубопровода

$$\mu_0 = \frac{F\Delta L\beta\rho_M}{F\Delta L(1-\beta)\rho} = \frac{\beta\rho_M}{(1-\beta)\rho}, \text{ кг/кг}. \quad (4)$$

Величина μ_0 является локальной характеристикой потока цементной аэросмеси, которая меняется вдоль цементопровода. Пневмотранспортную установку в целом характеризует расходная концентрация материала, равная отношению массовых расходов цемента и воздуха

$$\mu = \frac{G_M}{G} = \frac{\beta\rho_M}{(1-\beta)\rho} \cdot \frac{v}{u} = \mu_0 \cdot \frac{v}{u}, \text{ кг/кг}. \quad (5)$$

При $\mu \geq 10$ кг/кг концентрация цемента считается высокой, а при $\mu \geq 60$ кг/кг в цементопроводе устанавливается плотный слой материала.

Основные параметры потока цементной аэросмеси, скорости фаз, концентрация частиц и другие показатели непрерывно меняются как во времени, так и вдоль цементопровода, поэтому при описании процесса пневмотранспортирования часто используются скорости фаз, приведенные к поперечному сечению камеры насоса или трубопровода

$$u = \frac{G}{\rho F} = \frac{Q}{F}, \text{ м/с}; \quad (6)$$

$$v = \frac{G_M}{\rho_M F} = \frac{Q_M}{F}, \text{ м/с}; \quad (7)$$

где Q, Q_M – объемные расходы воздуха и материала.

Приведенные скорости воздуха u и материала v фиктивны. Реальные среднерасходные скорости, определяемые из формул (2, 3), всегда больше фиктивных, поскольку находящийся в

аэроосеми материал приводит к уменьшению живого сечения цементопровода.

Показателями эффективности пневмотранспортного процесса является удельная нагрузка на поперечное сечение цементопровода

$$q = \frac{G_M}{F}, \text{ Па}; \quad (8)$$

а также удельный расход сжатого воздуха на транспортирование

$$Q_y = \frac{Q_{ny}}{G_M}, \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad (9)$$

где Q_{ny} – объемный расход воздуха, приведенный к нормальным условиям, $\text{м}^3/\text{с}$.

Характерной особенностью двухфазных потоков является опережающее движение несущего воздушного потока относительно частиц материала. Отношение скорости транспортирующего воздушного потока к скорости цементных частиц, т.е. коэффициент скольжения можно оценить с помощью следующей эмпирической зависимости

$$i = \frac{u}{v} = 4,9 \left(\frac{\rho}{\rho_M} \right)^{0,111} \approx 2. \quad (10)$$

Верхним пределом скорости воздуха в цементопроводе следует считать критическую скорость, при которой частицы не выпадают на дно трубопровода. Ее величину можно оценить с помощью эмпирического соотношения

$$U_{кр} = 5,6D^{0,34} d^{0,36} \left(\frac{\rho_M}{\rho} \right)^{0,5} \mu^{0,25}, \text{ м/с}. \quad (11)$$

При использовании пневмокамерных насосов надёжно транспортирующая скорость воздушного потока, исключая завалы цементопровода, как правило, ниже критической, но ее величина подбирается опытным путем.

Протекание процессов пневмотранспортирования цемента в значительной мере зависит от свойств самого транспортирующего агента – сжатого воздуха.

Параметры сжатого воздуха, связаны между собой уравнением состояния идеального газа [3, 4]

$$PV = mRT, \quad (12)$$

где P – давление воздуха, Па; V – объем, занимаемый воздухом, м^3 ; m – масса воздуха, кг; T – абсолютная температура воздуха, К ($T=273+t$ °C); R – удельная газовая постоянная воздуха, $R=287,3$ Дж/кг·К.

Из уравнения (2.37) следует зависимость плотности воздуха от давления и температуры

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{RT}. \quad (13)$$

При нормальных условиях ($P_0 = 1$ атм = 101325 Па, $t = 20$ °C, $T = 293$ К) плотность воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³, а в емкости пневмокамерного насоса ($P = 0,6$ МПа, $t = 140$ °C) достигает $\rho = 5,12$ кг/м³.

Вязкость воздуха с увеличением температуры возрастает. Зависимость коэффициента динамической вязкости μ_B от температуры имеет вид

$$\mu_B = 1,712 \cdot 10^{-5} + 4,934 \cdot 10^{-8} \cdot t. \quad (14)$$

Коэффициент кинематической вязкости воздуха зависит не только от температуры, но и от давления

$$v = \frac{\mu_B}{\rho} = \frac{287,3(273+t)}{P} \mu_B. \quad (15)$$

При нормальных условиях $v = 15 \cdot 10^{-6}$ м²/с, а в камере насоса снижается до $7,4 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Приведение объемного расхода воздуха к нормальным условиям можно выполнить по формуле

$$Q_{HV} = \frac{0,0029P_p Q_p}{273+t_p}, \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (16)$$

где P_p, t_p, Q_p – давление, температура и объемный расход воздуха в рабочих условиях.

Давление P_p включает в себя и атмосферное давление

$$P_p = P_0 + \Delta P, \quad (17)$$

где ΔP – избыточное давление, Па.

Скорость истечения воздушной струи через ограниченный слой дисперсной среды составляет от 10 до 50 % скорости звука в воздухе, которая определяется соотношением

$$C = \sqrt{k \frac{P}{\rho}}, \quad (18)$$

где $k = 1,405$, P, ρ – показатель адиабаты, давление и плотность воздушной фазы соответственно. Для струй, истекающих в цемент из сопел азрационного устройства пневмокамерного насоса, скорость истечения может принимать значения от 80 до 130 м/с. При таких скоростях в толще цемента вблизи сопел возникают факелы (каверны), заполненные газозвесью с газосодержанием $\mathcal{E} = 0,9-0,98$. Длину факелов

струй можно оценить с помощью эмпирического соотношения [2]

$$l_{\phi} = 1,2 \cdot Q^{0,375}, \text{ м}, \quad (19)$$

где Q – объемный расход струи, м³/с.

По мере затухания струй их скорость снижается, ее можно определить

$$U = \frac{3,24U_0d_0}{0,18l + 0,11d_0} \sqrt{\frac{\rho}{\rho_M}}, \text{ м/с}, \quad (20)$$

где U_0 – скорость истечения струи, м/с; d_0 – диаметр сопла, м; l – расстояние, м.

Выводы. Цементно-воздушная смесь, образуемая аэрационным устройством в нижней зоне камеры насоса, нагнетается сжатым воздухом в разгрузочный патрубок в виде пульсирующего газодисперсного потока, в котором сгустки (пробки) сильно концентрированной смеси перемещаются воздушными пузырями, в которых материал находится в виде газозвеси. При переходе на горизонтальные участки цементопровода цемент выпадает на дно и перемещается в виде волн или гребней. Сильно выраженная неоднородность потоков цементной аэромеси, создаваемых пневмокамерными насосами, исключает возможность применения

для их расчета методов, разработанных для расчета пневмотранспорта во взвешенном (аэрозольном) состоянии.

* Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №14-41-08042 «р_офи_м» с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Островский Г.М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности. Л.: Химия, 1984. 104 с.
2. Урбан Я. Пневматический транспорт. Под ред. Л.М. Шведова. М.: Машиностроение, 1967. 253с.
3. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. М.: Стройиздат, 1975. 223 с.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1991. 600 с.
5. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Шаптала В.В., Гавриленко А.В. Расчет параметров псевдооживленного слоя в пневмокамерном насосе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 65–67.

Bogdanov V.S., Fadin Y.M., Shaptala V.V., Gavrilenko A.V.

FLOW CHARACTERISTICS OF A CEMENT-AIR MIXTURE IN THE PNEUMATIC TRANSPORT OF CEMENT

The paper presents expressions for the calculation of the volumetric flow rate of air during conveying, the concentration of the consumable material, as well as the formula critical speed of the air in cementoplasty at which particles do not fall to the bottom of the pipeline. In all stages of the process of pneumatic transportation of cement is a gas-dispersed state, i.e. in the form of a mixture of particles and air. The properties of these mixtures are determined not only by properties of particles and air between them, but also the ratio of their contents.

Key words: *pneumatic chamber pump, pneumatic transportation, fluidization, the speed of air movement, two-phase environment.*

Богданов Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: v.bogdanov1947@gmail.com

Фадин Юрий Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: fadin.y@mail.ru

Шаптала Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Гавриленко Андрей Владимирович, ассистент кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: GawrilenkoAW18@yandex.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Филимонов С.И., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

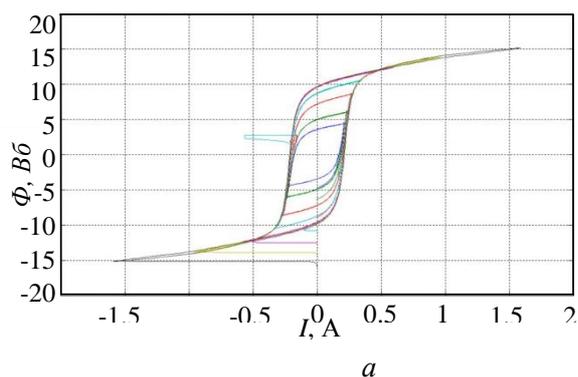
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ MATLAB

sergey.filya@mail.ru

Разрабатывается математическая модель петли гистерезиса вида $H=f(B)$. Предложена методика формирования частного несимметричного цикла перемагничивания. Реализована модель петли гистерезиса в модели силового трехфазного трансформатора в системе Matlab Simulink

Ключевые слова: петля гистерезиса, трехфазный трансформатор, симметричный и несимметричный цикл перемагничивания.

Моделирование петли гистерезиса, а так же частных петель для силовых трансформаторов и нелинейных индуктивностей в программном комплексе Matlab Simulink возможно с помощью блока Powergui. Однако получающиеся при этом частные петли по форме значительно рас-



ходятся с фактическими. На рис. 1, а представлено семейство частных симметричных петель, которые при изменении напряженности магнитного поля (тока) практически не изменяют своей ширины, в отличие от фактических петель, показанных на рис. 1, б. [3]

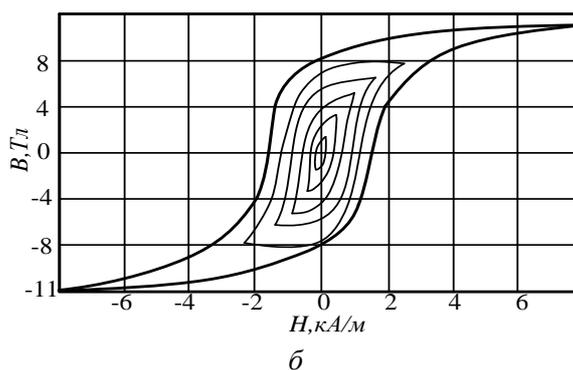


Рис. 1. Семейство частных петель гистерезиса (а) при моделировании, (б) фактические

Следовательно, для исследований некоторых специальных режимов работы трансформаторов необходимо использовать более корректную модель гистерезиса. Причем эта модель должна формировать как частные симметричные, так и несимметричные циклы перемагничивания. На сегодняшний день таким требованиям отвечают модели Джилса – Аттертона, Джона Чана и др. [2]. Наиболее простой для реализации является модель Джона Чана, так как она использует только основные параметры петли гистерезиса, такие как коэрцитивная сила (H_c), остаточная индукция (B_r) и индукция насыщения (B_s). Эти параметры для электротехнических сталей (ЭТС) легко найти, например, в справочнике [1].

Разработка гистерезисной модели сердечника для программного комплекса Matlab Simulink, правильно реализующей частные петли гистерезиса, является актуальной задачей.

В модели гистерезиса Джона Чана верхняя и нижняя кривые петли предельного цикла перемагничивания описываются соответственно уравнениями 1 и 2 [2].

$$B_{up}(H) = \frac{B_s \cdot (H + H_c)}{|H + H_c| + H_c \cdot (B_s / B_r - 1)} + \mu_0 \cdot H, \quad (1)$$

$$B_{dn}(H) = \frac{B_s \cdot (H - H_c)}{|H - H_c| + H_c \cdot (B_s / B_r - 1)} + \mu_0 \cdot H, \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная проницаемость вакуума, Гн/м.

Вторым слагаемым в выражениях 1 и 2 можно пренебречь в силу малых значений.

Начальная кривая намагничивания (КН) при моделировании вычисляется как половина суммы верхней и нижней кривых по выражению 3:

$$B_{med}(H) = \frac{B_{up}(H) + B_{dn}(H)}{2}. \quad (3)$$

Таким образом, предельный цикл перемагничивания имеет вид, представленный на рис. 2.

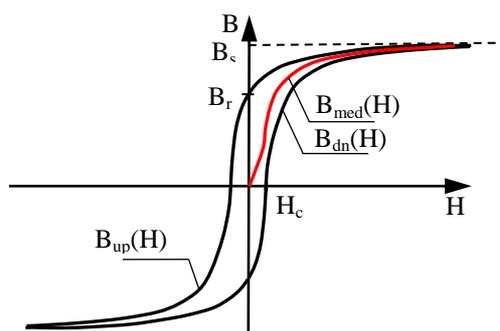
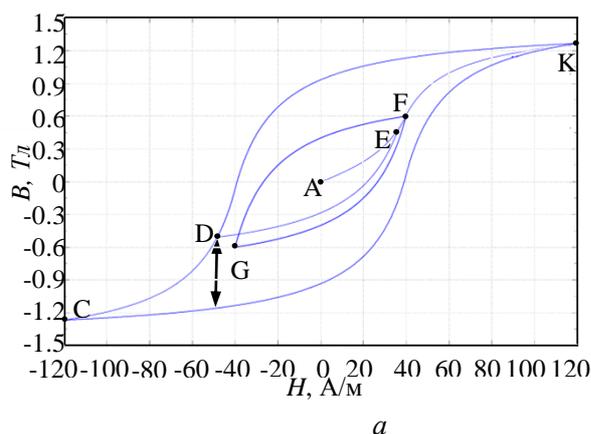


Рис. 2. Петля гистерезиса и начальная кривая намагничивания

Однако в действительности предельный цикл – это один случай перемагничивания и чаще всего трансформатор работает по частным циклам, например, в режиме холостого хода получается симметричный частный цикл. В рассмотренной в статье [2] методике предлагается строить частные циклы путем переноса нижней и верхней ветвей предельного цикла соответственно вверх и вниз. При этом формируется траектория D-E-F-G-F, представленная на рис. 3, а. Участок DE получается путем переноса нижней предельной ветки на величину B_d . Для моделирования КН были выбраны параметры ЭТС марки 3414 [1].

Частный цикл перемагничивания будет симметричным при $0 \leq B_d \leq B_r$. При $B_d > B_r$ участок D-E должен пройти выше точки А начала



координат. В этом случае перенос нижней ветви предельного участка вверх приведет к ломаной несимметричной частной петле, так как точка E окажется на верхней ветви. Для получения ровного несимметричного цикла, когда, например, происходит изменение H от -40 до $+120$ А/м (рис. 3, б), была разработана методика, которая отличается от предложенной в статье [2] более удобной реализацией.

При увеличении напряженности до величины $H = 0$ (участок D-E) нижняя ветвь частного цикла формируется простым переносом нижней ветви предельного цикла как в предыдущем случае. Затем в точке $H = 0$ необходимо зафиксировать величину текущей индукции B . При дальнейшем увеличении H до $+120$ А/м необходимо сохранять пропорцию между расстояниями до предельной петли и до средней (начальной) кривой. Согласно рис. 3, б получается пропорция 4 из соответствующих отрезков, а кривые при изменении H от 0 до $+H_{max}$ и до $-H_{max}$ описываются соответственно уравнениями 5 и 6:

$$\frac{AE}{AB_r} = \frac{A'E'}{A'B_r'} \quad (4)$$

$$B_{prop+}(H) = (B_{up}(H) - B_{med}(H)) \cdot B_\alpha / B_r + B_{med}(H), \quad (5)$$

$$B_{prop-}(H) = B_{med}(H) - (B_{med}(H) - B_{dn}(H)) \cdot B_\alpha / B_r, \quad (6)$$

где $B_\alpha = AE$ - значение индукции при $H = 0$.

Таким образом, образуется частный цикл по траектории D-E-K-B_r-D.

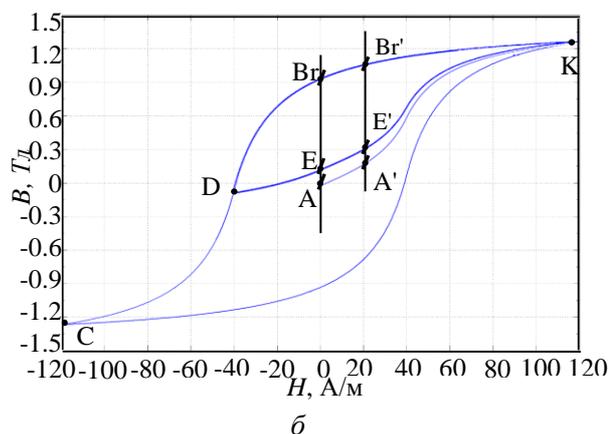


Рис. 3. (а) симметричный, (б) несимметричный частный цикл

Перейдем к реализации рассмотренной модели петли гистерезиса в модели силового трехфазного трансформатора в *Matlab Simulink*. Из множества библиотечных моделей наиболее подходящей для внедрения, а так же для исследований, связанных с магнитной системой трансформатора, является «Three-phase Two-Winding Saturable Transformer – Core Type». В отличие от других моделей здесь обмотки

трансформатора разных фаз магнитосвязаны. Особенностью структуры этой модели является реализация КН в виде функции $H=f(B)$. То есть, для применения модели петли гистерезиса, необходимо получить из имеющихся уравнений $B(H)$ уравнения вида $H(B)$.

Воспользовавшись математическим вычислительным комплексом *Maple*, после простых преобразований уравнений 1 и 2 имеем:

$$H_{up}(B) = 2H_c - H_c \cdot \frac{((B_s - B_r) \cdot B - B_s B_r + B_r \cdot |B|)}{B_r \cdot (|B| - B_s)}, \quad (7)$$

$$H_{dn}(B) = -H_c \cdot \frac{((B_s - B_r) \cdot B - B_s B_r + B_r \cdot |B|)}{B_r \cdot (|B| - B_s)}. \quad (8)$$

$$H_{med1}(B) = \frac{H_c \cdot (B_s^2 + 2B \cdot (B_r - B_s) - B_s B_r - \sqrt{B_r^2 \cdot (4B^2 - 8BB_s + 5B_s^2) + B_s^4 - 2B_r B_s^3})}{2B_r \cdot (B - B_s)}, \quad (9)$$

$$H_{med2}(B) = \frac{H_c B_s \cdot (B_r - B_s + \sqrt{(B_s - B_r)^2 + 4B^2})}{2BB_r}, \quad (10)$$

$$H_{med3}(B) = \frac{H_c \cdot (2B \cdot (B_r - B_s) - B_s^2 + B_s B_r + \sqrt{B_r^2 \cdot (4B^2 + 8BB_s + 5B_s^2) + B_s^4 - 2B_r B_s^3})}{-2B_r \cdot (B + B_s)}. \quad (11)$$

Причем каждое из полученных уравнений действует на своем интервале B , то есть:

$$H_{med}(B) = \begin{cases} H_{med1}(B) & \text{if } B > B_{med}(H_c); \\ H_{med2}(B) & \text{if } -B_{med}(H_c) \leq B \leq B_{med}(H_c); \\ H_{med3}(B) & \text{if } B < -B_{med}(H_c); \end{cases} \quad (12)$$

Здесь $B_{med}(H_c)$ величина магнитной индукции, определяемая по формуле 3 при $H = H_c$:

$$B_{med}(H_c) = \frac{B_s \cdot H_c}{2H_c + H_c \cdot \left(\frac{B_s}{B_r} - 1\right)}. \quad (13)$$

Решением задачи по преобразованию начальной КН, описанной уравнением 3, являются восемь корней, три из которых 9, 10, 11 определяют ее характер:

Общий вид обратной петли гистерезиса и начальной КН представлен на рис. 4, а. Отдельный вид начальной КН, образованной тремя графиками, представлен на рис. 4, б.

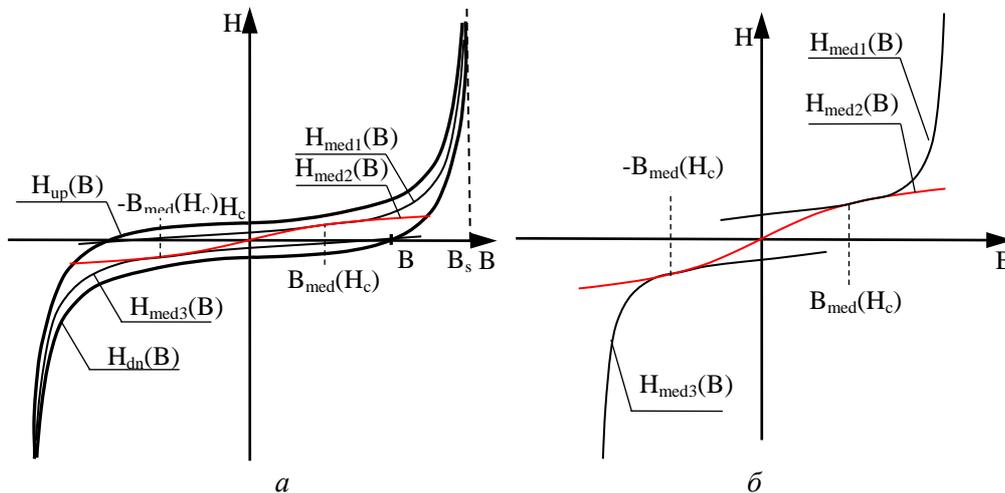


Рис. 4. Общий вид (а) обратной петли гистерезиса, (б) начальной кривой

Теперь, чтобы получить частный симметричный цикл перемагничивания необходимо при увеличении индукции B сместить влево кривую $H_{dn}(B)$ на величину B_d , а при уменьшении B сместить вправо кривую $H_{up}(B)$ на ту же величину. В результате формируется частный симметричный цикл перемагничивания по траектории D-E-F-G-F (рис. 5, а).

Для получения частных несимметричных петель применяется аналогичная методика, как и

с прямой петлей. Однако теперь необходимо вычислять H . Поэтому когда индукция B увеличивается и H меньше 0 кривая $H_{up}(B)$ просто смещается вправо (участок DE на рис. 5, б), а когда H начинает входить в интервал от 0 до $+H_{max}$, то необходимо соблюдать соотношение 4. В итоге формируется цикл по траектории D-E-K-Br-D (рис. 5, б).

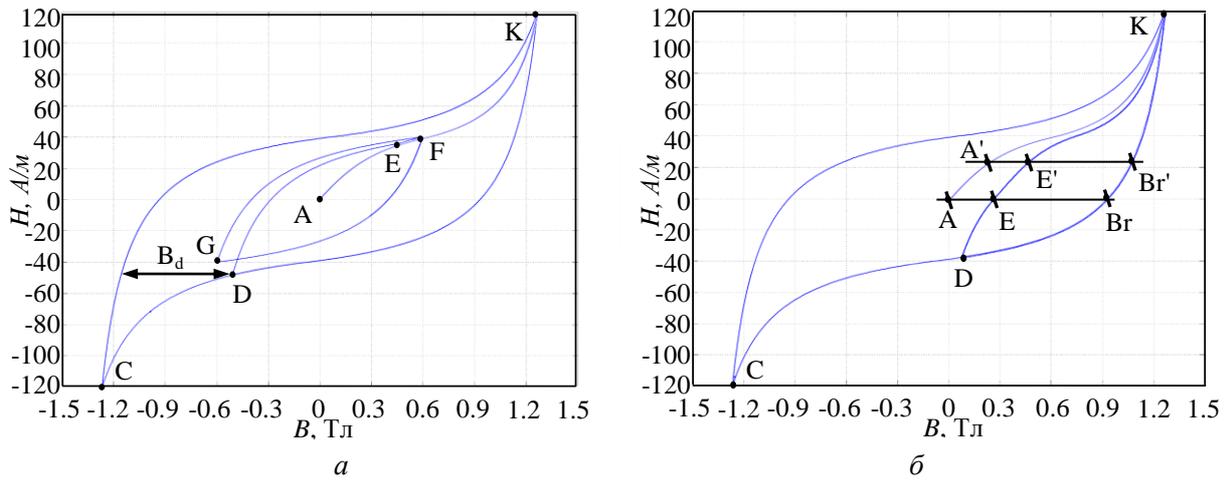


Рис. 5. (а) Симметричный, (б) несимметричный частный цикл обратной петли

Получим уравнения для кривой при несимметричном цикле, когда величина H изменяется от 0 до $+H_{max}$. Для этого выразим переменную H из уравнений 5 и 6. При преобразовании каждого из уравнений появляется по восемь корней.

Однако только два определяют характер кривой. Причем уравнения 14 и 15 описывают поведение кривой в первом квадранте, а 16 и 17 – в третьем квадранте:

$$H_{right1}(B) = \frac{H_c B_s \cdot \left(B_s - B_r + \sqrt{(B_r - B_s)^2 + (4B_s B_{alp} - 4B) \cdot (B_{alp} B_r - B)} \right)}{2B_r \cdot (B_s B_{alp} - B)}, \quad (14)$$

$$H_{right2}(B) = \frac{H_c B_s \cdot \left(B_s B_r + 2B \cdot (B_s - B_r) - B_s^2 + \sqrt{B_s^4 + 4B^2 B_r^2 + B_s B_r \cdot (5B_s B_r - 2B_s^2 - 8B_r B) + 4B_s B_r B_\alpha (B_s B + B_r (B_s - B) - B_s^2)} \right)}{2B_r \cdot (B_s - B)}, \quad (15)$$

$$H_{left1}(B) = \frac{H_c B_s \cdot \left(B_r - B_s + \sqrt{(B_s - B_r)^2 + (4B_s B_{alp} + 4B) \cdot (B_{alp} B_r + B)} \right)}{2B_r \cdot (B_s B_{alp} + B)}, \quad (16)$$

$$H_{left2}(B) = \frac{H_c B_s \cdot \left(B_s^2 + 2B \cdot (B_s - B_r) - B_s B_r - \sqrt{B_s^4 + 4B^2 B_r^2 + B_s B_r \cdot (5B_s B_r - 2B_s^2 + 8B_r B) + 4B_s B_r B_\alpha (B_r (B_s + B) - B_s B - B_s^2)} \right)}{2B_r \cdot (B_s + B)}, \quad (17)$$

Общий вид части обратной петли гистерезиса и начальной КН в первом квадранте, а также кривая частного несимметричного цикла,

образованная двумя графиками по уравнениям 14 и 15, при изменении H от 0 до $+H_{max}$, представлены на рис. 6.

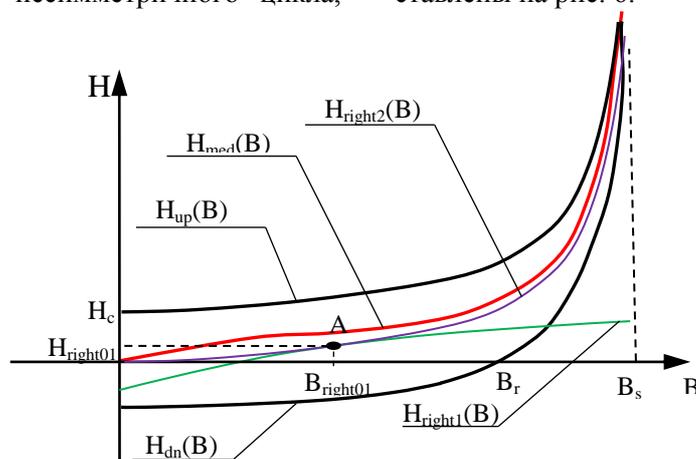


Рис. 6. Петля гистерезиса и частный несимметричный цикл в первом квадранте

Как видно из рис. 6 графики $H_{right1}(B)$ и $H_{right2}(B)$ пересекаются в точке А с координатами $B_{right01}$ и $H_{right01}$. Следовательно, общий график $H_{right}(B)$ изменяется сначала по кривой $H_{right1}(B)$,

затем в точке А переходит на кривую $H_{right2}(B)$. Координаты точки А в первом и третьем квадранте описываются соответственно уравнениями 18, 19, 20, 21:

$$B_{right01} = \frac{B_s B_r \cdot (1 + B_\alpha)}{B_s + B_r}, \tag{18}$$

$$H_{right01} = \frac{H_c \cdot (B_s + B_r) \cdot \left(B_r - B_s + \frac{|B_r^2 - 2B_s B_r B_\alpha + B_s^2|}{|B_r + B_s|} \right)}{2B_r \cdot (B_r - B_s B_\alpha)}, \tag{19}$$

$$B_{left01} = -\frac{B_s B_r \cdot (1 + B_\alpha)}{B_s + B_r}, \tag{20}$$

$$H_{right01} = \frac{H_c \cdot (B_s + B_r) \cdot \left(B_r - B_s + \frac{|B_r^2 - 2B_s B_r B_\alpha + B_s^2|}{|B_r + B_s|} \right)}{2B_r \cdot (B_s B_\alpha - B_r)}. \tag{21}$$

Полученную модель обратной петли гистерезиса можно представить в виде S – функции, описанной в *Matlab*. Для ее применения выбранный трансформатор необходимо преобразовать, убрав блоки с КН, а вместо них поставить блоки с S – функцией.

Рассмотрим подробнее работу модели трехфазного трансформатора с разработанной петлей гистерезиса. Помимо B - H характеристики стали в данной модели учитывается геометрия магнитной цепи. Структура модели блока «Three-phase Two-Winding Saturable Transformer – Core Type» представлена на рис. 7. Выводы первичных обмоток обозначены индексом 1, а

вторичных – 2. Магнитная связь между обмотками, которые располагаются на едином сердечнике, моделируется в подсистеме «Core». На вход подсистемы подаются значения магнитных потоков «Fluxes», а на выходе получают магнитодвижущие силы МДС. Магнитные потоки в такой модели трансформатора вычисляются из напряжений «Voltages», которые снимаются через датчики напряжений «V», подключенных к сопротивлениям R_m . Для управления источниками тока « I_{mag} », которые моделируют ток намагничивания в обмотках, полученные МДС преобразуются в токи «Currents».

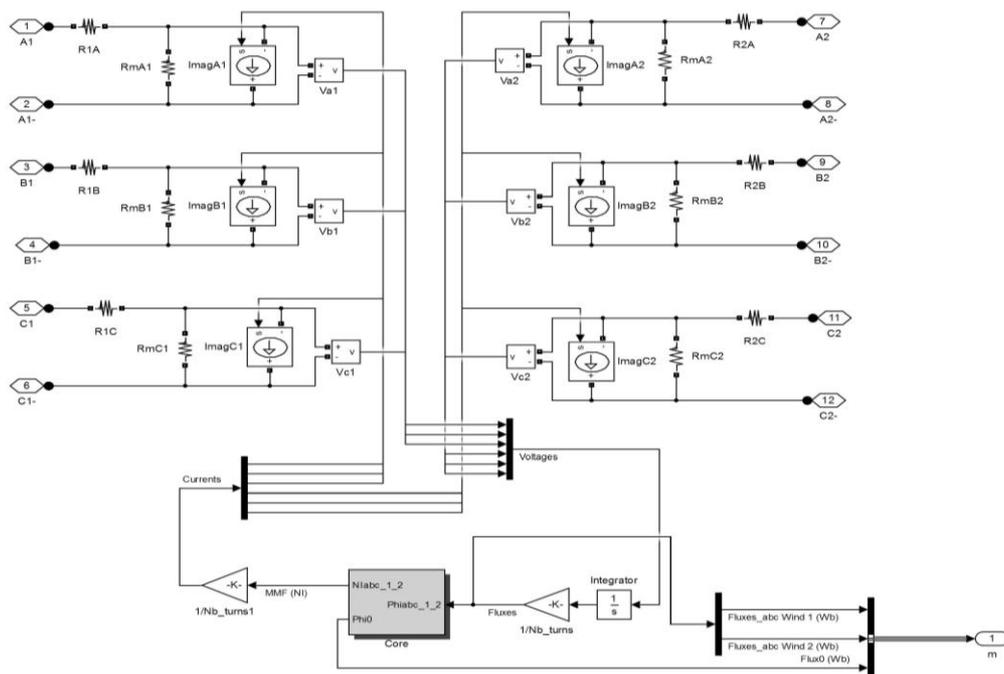


Рис. 7. Структура модели трехфазного трансформатора

В подсистеме «Core», которая представлена на рис. 8, применяются подсистемы (блоки магнитного сопротивления) нелинейной магнитной цепи, состоящей из трех стержней («L_{1_1}», «L_{1_2}», «L_{1_3}») и четырех частей ярем («L_{2_1}», «L_{2_2}», «L_{2_3}», «L_{2_4}»), а так же блоки воздушных элементов «Air», моделирующие потоки рассея-

ния и поток нулевой последовательности. Установленные датчики напряжения «FMM» измеряют величину МДС каждой из шести катушек, а результаты поступают на блок «State - Space», который решает дифференциальные уравнения обобщенной электрической машины.

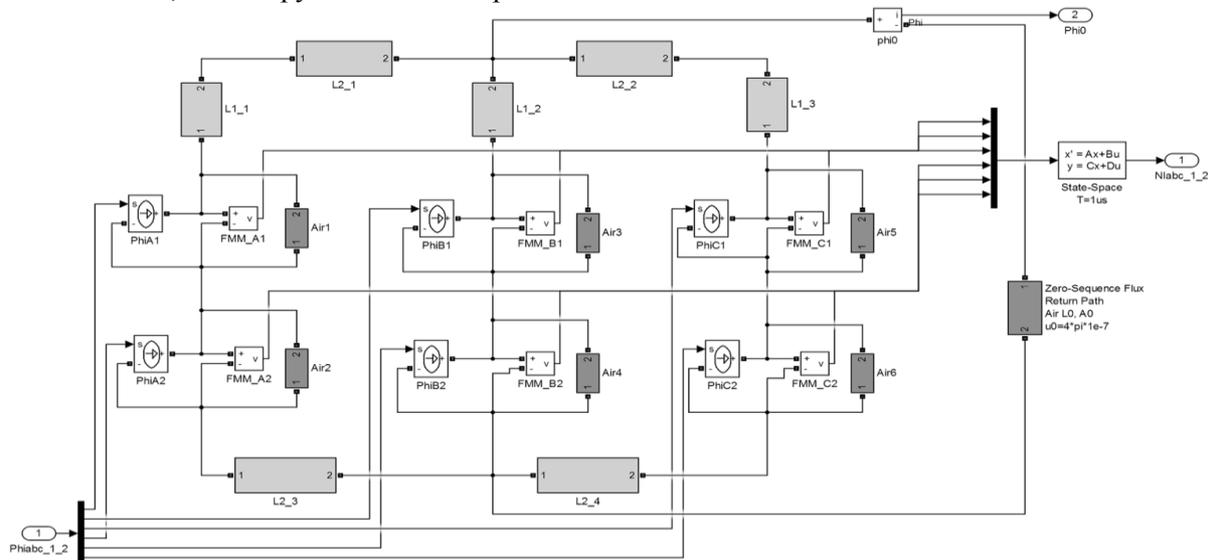


Рис. 8. Структура подсистемы «Core»

В подсистемах нелинейной магнитной цепи стандартной модели «Three-phase Two-Winding Saturable Transformer – Core Type» используется нелинейный блок «Look – Up Table», в котором

задается $B - H$ характеристика КН трансформатора, рис. 9, а. Разработанная модель петли гистерезиса в виде S -функции представлена на рис.9,б блоком «Function1».

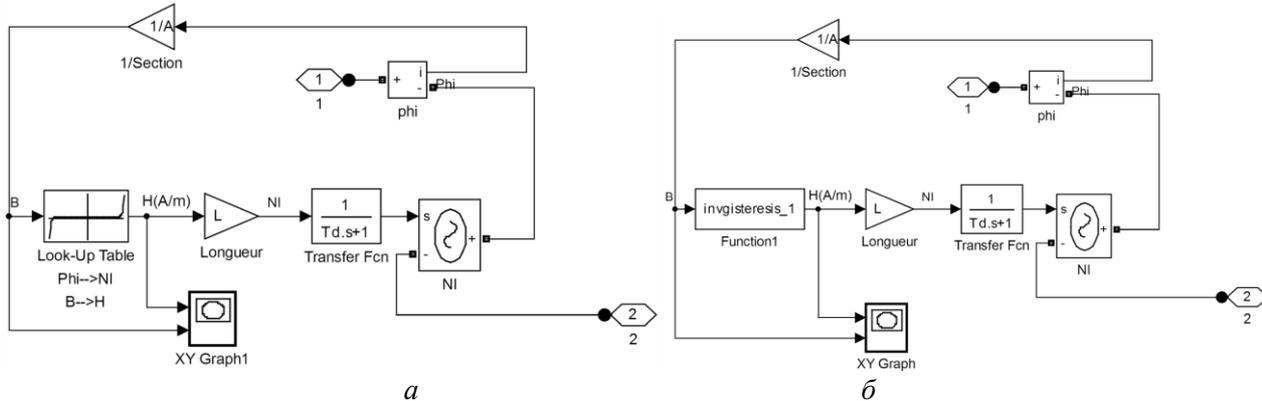


Рис. 9. Структура подсистемы нелинейной магнитной цепи (а) с КН, (б) с петлей гистерезиса

Произведем количественную оценку работы моделей трансформаторов с гистерезисом и без него. Примем к рассмотрению силовой трансформатор типа ТМЭ–400/10 со следующими параметрами: $S_n = 400$ кВА, $U_{nl} = 6300$ В, $I_{nl} = 38.49$ А, $I_{xx} = 1.52$ %, $\Delta P_{xx} = 820$ Вт, $\Delta P_{кз} = 6062$ Вт. Схема и группа соединения обмоток D/Yn–11. Магнитопровод трансформатора выполнен из стали ЭТ-А-3408 ГОСТ 21427.1-83. Длины средних линий магнитопровода – междуосевое расстояние по соседним стержням $L_2 = 325$ мм, по ярмам $L_1 = 635$ мм. Площадь сечения магнитопровода $S = 225.264$ см². Количество витков обмотки НН $w_2 = 27$, ВН $w_1 = 425$.

Рассмотрим пуск трансформатора на холостом ходу. Структурная схема модели представлена на рис. 10. Здесь модель трансформатора представлена подсистемой «D/Y», которая подключается к блоку «Трехфазный источник напряжения» через блок «Выключатель». Для пуска трансформатора подается сигнал с блока «Задание» на включение выключателя. Величина и форма фазных токов измеряется в блоке «Трехфазный измеритель U и I» и выводятся на блок «Осциллограф». Результаты измерений для модели трансформатора без петли гистерезиса и с петлей гистерезиса представлены на рис. 11 а и б.

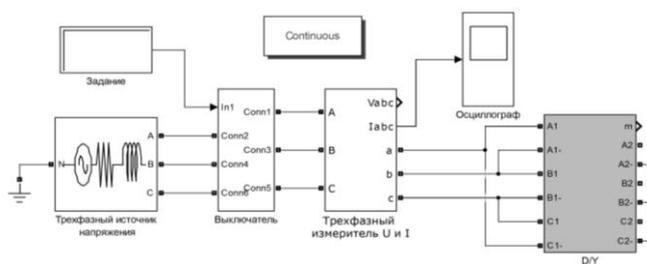


Рис. 10. Структурная модель пуска трансформатора

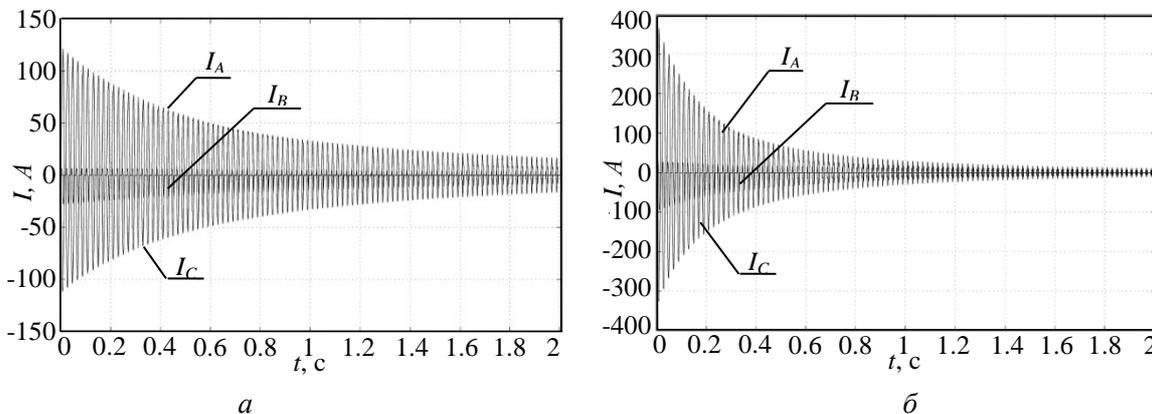


Рис. 11. Осциллограммы токов в обмотках ВН в модели (а) без петли, (б) с петлей

Как видно из рис. 11, б бросок токов намагничивания при включении оказывается гораздо больше, чем в модели без петли гистерезиса, рис. 11, а. Для фазы А их величина составляет соответственно 375 А и 143 А. Помимо этого видно, что затухание токов в модели с гистерезисом происходит явно быстрее. За время 0.6 с ток на рис. 11, б изменяется от 375 А до 50 А (в 7,5 раз), в то время как ток на рис. 11, а за то же время изменяется от 143 до 50 А (в 3 раза). Это объясняется тем, что наличие петли гистерезиса увеличивает потери мощности на перемагничивание.

Об адекватности разработанной модели силового трансформатора свидетельствуют данные, полученные экспериментальным путем. В ходе эксперимента комплектное распределительное устройство КРУ подключало сразу два трансформатора ТМЭ-400/10 со схемой соединения обмоток D/Yн и Y/Yн. Осциллограммы суммарных фазных токов первичных обмоток снимались с трансформаторов тока (ТТ), установленных в КРУ. Результаты измерения для фазы А представлены на рис. 12.

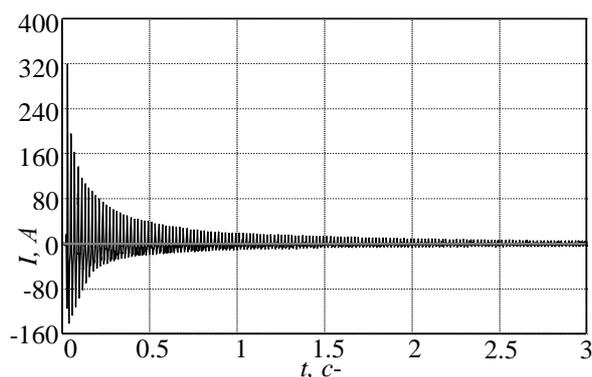


Рис. 12. Осциллограмма тока в фазе А при эксперименте

Аналогично эксперименту структурная модель пуска (рис. 10) была дополнена вторым трансформатором. Для сравнения на рис. 13, б представлена осциллограмма такой же фазы А, как и в эксперименте. Как известно ТТ не пропускают постоянную составляющую измеряемого тока, поэтому на осциллограмме рис. 12 наблюдаются отрицательные полуволны, в от-

личие от смоделированных осциллограмм на рис. 13, б, где использовались датчики тока ДТ. Для оценки адекватности было проведено восстановление кривой первичного тока с помощью интегрирующего - форсирующего звена с равными постоянными времени, результат приведен на рис. 13, а.

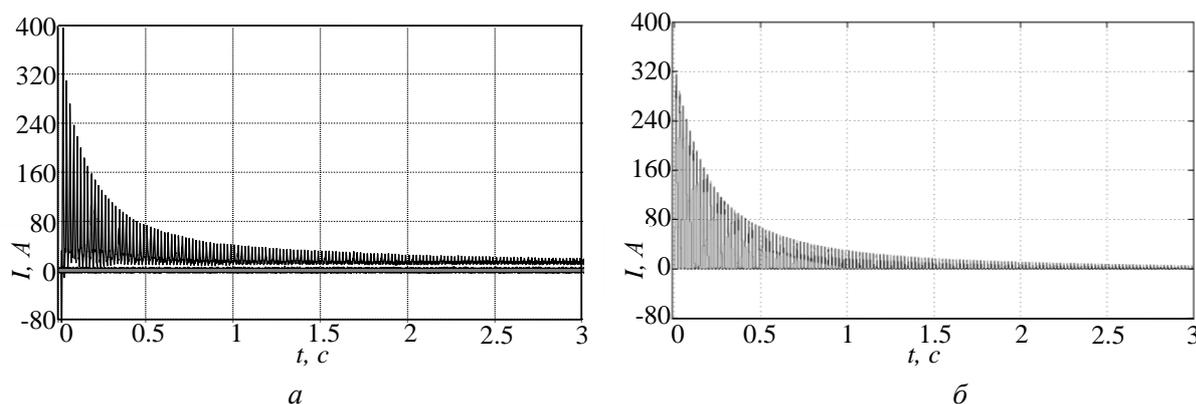


Рис. 13. Осциллограммы тока в фазе А (а) восстановленного, (б) смоделированного

Как видно на рис. 13 в обоих случаях за время 0,5 с ток затухает до величины 70 А. Отличие состоит только в первом броске тока. Так на рис. 13, а бросок тока соответствует 400 А, когда на рис. 13, б он достигает величины 320 А. Это объясняется тем, что применяемый ТТ в первый момент времени насыщается. Для количественной оценки всего переходного процесса были посчитаны амплитуды токов за 16 периодов и построены затухающие экспоненциальные зависимости без первого пульса. В результате оценки средних значений было выявлено, что экспериментальный ток затухает на 5,5 % быстрее, чем смоделированный, что говорит об адекватности имитационной модели.

Выводы:

1. Разработана модель обратной петли гистерезиса по преобразованным уравнениям Джона Чана и др. для сердечников трансформаторов и нелинейных индуктивностей;

2. Разработана и предложена методика формирования частных симметричным и

несимметричных циклов перемагничивания стали сердечника;

3. Получены рекомендации по применению модели петли гистерезиса в существующих моделях трансформаторов программного комплекса *Matlab*;

4. Доказана адекватность математической модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молотилов Б.В., Миронов Л.В., Петренко А.Г. и др. Холоднокатанные электротехнические стали: справочник. М.: Изд. Металлургия, 1989. 168 с.

2. Володин В. Гистерезисная модель нелинейной индуктивности симулятора LTspice // Силовая электроника. 2010. №1. С. 56–60.

3. Михайлова М. Ю., Яковлев А. О., Нестеров А. М. Теоретические основы электротехники: методические указания к выполнению работ для студентов специальности 140211-Электроснабжение. Белгород: из-во. БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. 54 с.

Filimonov S.I.

HYSTERESIS LOOP SIMULATION MODEL DEVELOPMENT IN THE MATLAB PROGRAMM COMPLEX

Is developed mathematical model of hysteresis loop $H=f(B)$ kind. Method of formatting partly asymmetric cycle of magnetization reversal is proposed. There is realized model of three-phase transformer hysteresis loop in the Matlab Simulink system.

Key words: *hysteresis loop, three-phase transformer, symmetrical and asymmetrical cycle of magnetization reversal.*

Филимонов Сергей Игоревич, старший преподаватель кафедры электроэнергетики
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: sergey.filya@mail.ru

Редькин Г.М., д-р техн. наук, проф.,

Коновалов А.В., аспирант, м.н.с.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ ЭКСТРЕМУМОВ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

alexander.v.konovvalov@yandex.ru

В статье приводится метод для определения направлений экстремумов (минимумов и максимумов) интенсивности трещиноватости – метод секторов направлений единичного круга. Для определения экстремумов строится диаграмма интенсивности трещиноватости по направлениям, которая разделяется на сектора направлениями систем трещин. Установлено, что минимумы интенсивности находятся на границах секторов, а максимумы – внутри секторов в направлениях сумм векторов, описывающих системы трещин. Приводится пример определения экстремумов на данных Лебединского месторождения.

Ключевые слова: анизотропия, трещиноватость, интенсивность трещиноватости, экстремумы, минимум, максимум.

Геометрическим аспектом трещины является плоскость разрыва сплошности горных пород [1]. Трещиноватостью называют совокупность всех трещин, развитых в массиве горных пород. Трещины, имеющие параллельную или близкую ориентировку, объединяют в системы трещин, которые характеризуются интенсивностью трещиноватости — средним количеством трещин на погонный метр (либо на единицу длины) разреза в любом направлении. Интенсивность трещиноватости зависит от направления и поэтому является анизотропной величиной.

Пусть в массиве горных пород развито n систем трещин, в каждой из которых сделано по N_i ($i=1,2,\dots,n$) замеров. Под точкой замера будем понимать некоторый объём в массиве горных пород, достаточно большой для возможности определения угла падения, азимута простирания и частоты системы трещин и достаточно малый

по сравнению с оцениваемым массивом горных пород.

Под плоскостью системы трещин будем понимать плоскость, ориентировка которой в пространстве определяется средним положением плоскостей, составляющих систему [2]. В частности, интенсивность трещиноватости в направлении, перпендикулярном плоскости системы трещин, называют частотой трещин системы. Математическим эквивалентом системы трещин служит вектор системы трещин [2], перпендикулярный плоскости системы, и модуль которого равен частоте трещин системы.

Ориентировка в пространстве плоскости системы однозначно определяется элементами её залегания: азимутом линии простирания (A) и углом линии падения (δ), которые изменяются в промежутках $0 \leq A \leq 2\pi$, $0 \leq \delta \leq \pi/2$.

Можно показать [2], что вектор $\vec{\omega}$ ($i=1,2,\dots,n$) i -ой системы трещин определяется выражением

$$\vec{\omega}_i = \frac{[\omega]_i}{N_i} \cdot \vec{n}_i = \frac{[\omega]_i}{N_i} \cdot \frac{([a]_i; [b]_i; [c]_i)}{\sqrt{[a]_i^2 + [b]_i^2 + [c]_i^2}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

в котором использовано введённое в теорию погрешностей обозначение Гаусса:

$$[\omega]_i = \sum_{j=1}^{N_i} \omega_i^{(j)}, [a]_i = -\sum_{j=1}^{N_i} \sin A_i^{(j)} \sin \delta_i^{(j)}, \\ [b]_i = \sum_{j=1}^{N_i} \cos A_i^{(j)} \sin \delta_i^{(j)}, [c]_i = \sum_{j=1}^{N_i} \cos \delta_i^{(j)}; \quad (2)$$

где $A_i^{(j)}$, $\delta_i^{(j)}$, $\omega_i^{(j)}$ – j -ый замер соответственно азимута простирания, угла падения и частоты i -ой системы трещин; N_i – число замеров в i -ой системе трещин.

Заметим, что в формуле (1) отношение $\frac{[\omega]_i}{N_i}$ определяет среднюю частоту i -ой системы

трещин, а $\vec{n}_i = \frac{([a]_i; [b]_i; [c]_i)}{\sqrt{[a]_i^2 + [b]_i^2 + [c]_i^2}}$ – единичный $|\vec{n}_i| = 1$ нормальный вектор плоскости i -ой системы.

При открытом способе разработки месторождение обрабатывают горизонтальными слоями, поэтому сеть буровзрывных скважин ориентируют в плане, в выбранной на

месторождении системе координат Оху. В этом случае рациональные параметры сети буровзрывных скважин будут зависеть от анизотропии трещиноватости

дезинтегрируемого массива горных пород, индуцированной проекциями векторов систем трещин (1) на плоскость Оху

$$\vec{\omega}_i^* = \text{Пр}_{Oxy} \vec{\omega}_i = \frac{[\omega]_i}{N_i} \cdot \frac{([a]_i; [b]_i; [c]_i)}{\sqrt{[a]_i^2 + [b]_i^2 + [c]_i^2}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Направление в декартовой системе координат Оху выражается единичным

вектором направляющих косинусов

$$\vec{e}(\alpha) = (\cos(\alpha); \cos(\pi/2 - \alpha)) = (\cos(\alpha); \sin(\alpha)) \quad (4)$$

который однозначно определяется углом $\alpha = (\vec{e}, \vec{\partial}x)$ между ним и осью Ох.

Оху, обусловленная n системами трещин, представляет собой сумму модулей проекций векторов $\vec{\omega}_i^*$ (3) на направление $\vec{e}(\alpha)$ (4)

На основе исследований [2] устанавливаем, что интенсивность трещиноватости в плоскости

$$L(\alpha) = \sum_{i=1}^n |\text{Пр}_{\vec{e}} \vec{\omega}_i^*| = \sum_{i=1}^n |\vec{\omega}_i^* \cdot \vec{e}(\alpha)| = \sum_{i=1}^n \frac{[\omega]_i \cdot |[a]_i \cos \alpha + [b]_i \sin \alpha|}{N_i \cdot \sqrt{[a]_i^2 + [b]_i^2 + [c]_i^2}} \quad (5)$$

Найдём экстремумы интенсивности трещиноватости (5), которые необходимы для определения рациональных параметров геометрии сети буровзрывных скважин.

секторов направлений единичного круга, который заключается в следующем (см. рис. 1).

Обозначим через

Для снятия модулей в функции (8) приравняем к нулю выражения, стоящие под знаками этих модулей и, с учётом ограничения (9), получим n систем уравнений

$$a_i = \frac{[\omega]_i \cdot [a]_i}{N_i \cdot \sqrt{[a]_i^2 + [b]_i^2 + [c]_i^2}}, b_i = \frac{[\omega]_i \cdot [b]_i}{N_i \cdot \sqrt{[a]_i^2 + [b]_i^2 + [c]_i^2}}, \quad (6)$$

$$x = \cos \alpha, y = \sin \alpha, i=1, 2, \dots, n.$$

Тогда из равенств (3) и (5) соответственно получим выражения проекций векторов систем трещин на плоскость Оху

$$\vec{\omega}_i^* = (a_i; b_i), i = 1, 2, \dots, n, \quad (7)$$

и интенсивности трещиноватости в плоскости Оху

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ a_i x + b_i y = 0 \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Вторые уравнения представляют собой общие уравнения прямых в плоскости Оху, проходящих через начало координат т. О и пересекающих единичную окружность (9) в двух диаметрально противоположных точках, симметричных относительно начала координат. Эти точки разбивают окружность на две полуокружности. В точках одной $a_i x + b_i y > 0$, а в точках другой $a_i x + b_i y < 0$. Знак определяется вектором-градиентом $\text{grad}(a_i x + b_i y) = (a_i; b_i)$, который указывает направление роста линейной функции $a_i x + b_i y$.

$$L(\alpha) = L(x, y) = \sum_{i=1}^n |a_i x + b_i y| \quad (8)$$

Причём из обозначения (6) и равенства (4) следует, что переменные величины x и y удовлетворяют уравнению единичной окружности в начале координат

$$x^2 + y^2 = 1 \quad (9)$$

и определяют направление в плоскости Оху

$$\vec{e}(\alpha) = (x; y). \quad (10)$$

Таким образом, задача свелась к нахождению экстремумов определённой на единичной окружности (9) неотрицательной функции $L(x, y) \geq 0$ (8), представляющей собой сумму модулей от линейных функций.

Найдём решения системы (11), представляющие собой координаты точек пересечения прямых с единичной окружностью (11). Выразим общие уравнения прямых в системе (11) в параметрической форме

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ x = -b_i t \\ y = a_i t \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

и получим решения эквивалентных систем (11), (12)

Назовём решение данной задачи методом

$$(x_{i1}; y_{i1}) = (b_i; -a_i) / \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, \quad (13)$$

$$(x_{i2}; y_{i2}) = (-b_i; a_i) / \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, i = 1, 2, \dots, n$$

Решения системы (13) определяют 2n попарно симметричных относительно начала

координат т. О дуг единичной окружности, в точках каждой из которых выражения под знаками модулей функции интенсивности трещиноватости $L(x,y)$ (8) сохраняют свои знаки. Опирающиеся на эти дуги попарно симметричные i -ый и $n+i$ -ый секторы единичного круга $x^2 + y^2 = 1$ задают направления $\vec{e}(\alpha) = (x; y)$ знакопостоянства линейных функций $a_i x + b_i y$.

Заметим, что интенсивности трещиноватости $L(x,y)$ (8) одинаковы по симметрично-противоположным направлениям i -ых и $n+i$ -ых секторов, $i=1,2,\dots,n$. Поэтому достаточно исследовать i -ые секторы направлений.

Введём в i -ом секторе направлений функцию

$$[\beta]_i = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \text{sign}(a_i x + b_i y), [\gamma]_i = \sum_{i=1}^n b_i \cdot \text{sign}(a_i x + b_i y). \quad (16)$$

Геометрически (см. рис. 1), согласно методу горизонтальных сечений, интенсивность трещиноватости $L(x,y)$ (15) для рассмотренного i -го сектора можно изобразить в виде системы

$$\begin{cases} L_i(x,y) = [\beta]_i x + [\gamma]_i y \\ L_i(x,y) = C \end{cases} \Rightarrow [\beta]_i x + [\gamma]_i y = C \quad (17)$$

При $C=0$ получаем общее уравнение прямой и нормали \vec{N} к ней

$$[\beta]_i x + [\gamma]_i y = 0, \vec{N}_i = ([\beta]_i; [\gamma]_i), \quad (18)$$

которая проходит через начало координат т. О. С ростом C прямая уровня (17) перемещается в направлении максимального роста интенсивности трещиноватости $L(x,y)$ (15), то есть в направлении её градиента

$$\text{grad}L(x,y) = \left(\frac{\partial L_i}{\partial x}; \frac{\partial L_i}{\partial y} \right) = ([\beta]_i; [\gamma]_i). \quad (19)$$

Сравнивая выражения (18) и (19), устанавливаем совпадение градиента интенсивности трещиноватости (19) с нормалью прямой (18)

$$\vec{N}_i = \text{grad}L_i(x,y). \quad (20)$$

В соответствии с теорией математического программирования [3], точка отрыва прямой уровня (17) от дуги i -го сектора будет точкой максимума, которая является точкой пересечения прямой, проходящей через начало координат в направлении градиента интенсивности трещиноватости (19), (20), с

$$\max L_i(x_{i1}^*; y_{i1}^*) = \sqrt{[\beta]_i^2 + [\gamma]_i^2} = |\text{grad}L_i(x_{i1}^*; y_{i1}^*)| \quad (25)$$

Сопоставляя формулы (19) и (23), убеждаемся в том, что направления вектора $(x_{i1}^*; y_{i1}^*)$ и вектор-градиент

$$\text{sign}_i(a_i x + b_i y) = \begin{cases} 1, \text{ если } a_i x + b_i y > 0 \\ -1, \text{ если } a_i x + b_i y < 0, \\ 0, \text{ если } a_i x + b_i y = 0 \end{cases}$$

которая определяет знак выражения $a_i x + b_i y$.

Тогда в данном i -ом секторе направлений функцию интенсивности трещиноватости $L(x,y)$ (8) можно, опустив знаки модулей

$$L_i(x,y) = \sum_{i=1}^n (a_i x + b_i y) \text{sign}_i(a_i x + b_i y), \quad (14)$$

представить в виде линейной функции

$$L_i(x,y) = [\beta]_i x + [\gamma]_i y, \quad (15)$$

где $[\beta]_i$ и $[\gamma]_i$ выражаются как

параллельных прямых в плоскости Oxy , на каждой из которых функция принимает постоянное значение C

единичной окружностью (9)

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ \frac{x}{[\beta]_i} = \frac{y}{[\gamma]_i} \end{cases}. \quad (21)$$

Перейдём от канонического уравнения прямой в системе (21) к параметрическим уравнениям

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ x = [\beta]_i t \\ y = [\gamma]_i t \end{cases} \quad (22)$$

и получим два решения системы (22)

$$(x_{i1}^*; y_{i1}^*) = ([\beta]_i; [\gamma]_i) / \sqrt{[\beta]_i^2 + [\gamma]_i^2} \quad (23)$$

$$(x_{i2}^*; y_{i2}^*) = (-[\beta]_i; -[\gamma]_i) / \sqrt{[\beta]_i^2 + [\gamma]_i^2}, \quad (24)$$

первое (23) из которых может принадлежать рассматриваемого i -му сектору, а второе (24) ему противоположному $n+i$ -му сектору. В этом случае, подставляя первое решение $(x_{i1}^*; y_{i1}^*)$ в функцию (15), получим максимальное значение интенсивности трещиноватости (15), (8) в i -ом секторе направлений

$\text{grad}L_i(x,y)$ совпадают. Следовательно, максимум функции $L(\alpha) = L(x,y)$ (5), (8) в i -ом секторе достигается в направлении

$gradL_i(x; y)$ (19), (23) и равен модулю этого градиента (25) при условии, что вектор-градиент принадлежит данному сектору.

Если направление (19), (23) не принадлежит i -му сектору направлений, то в рассматриваемом секторе интенсивность трещиноватости не принимает своего максимального значения.

Минимальные значения интенсивность трещиноватости (5), (8) принимает на границах

секторов

$$\min L_i(x_{i1}; y_{i1}), \min L_i(x_{i1}; y_{i1}) \quad (26)$$

соответственно в направлениях

$$\vec{e}(x_{i1}; y_{i1}), \vec{e}(x_{i1}; y_{i1}), \quad (27)$$

где $(x_{i1}; y_{i1}), (x_{i1}; y_{i1})$ определены равенствами (13).

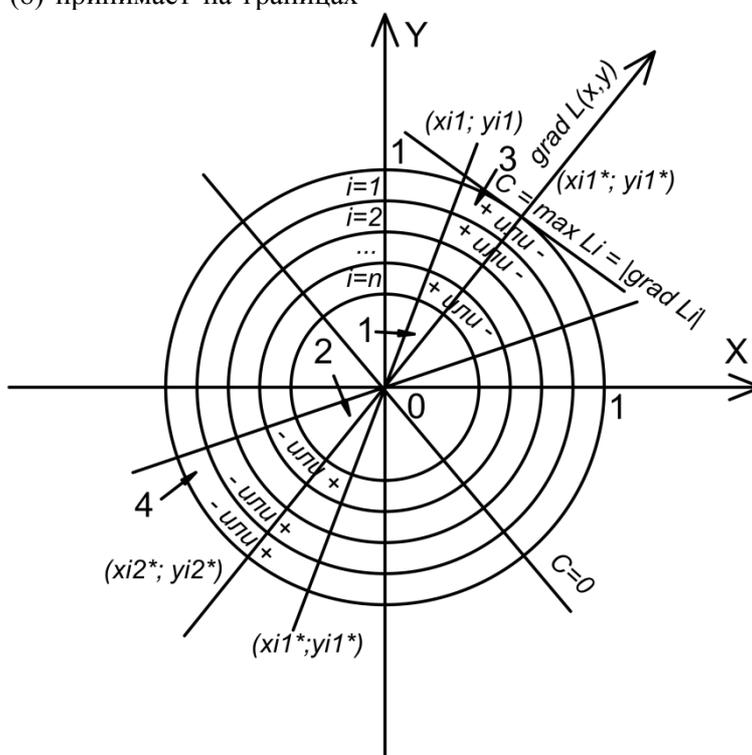


Рис. 1. Геометрия метода секторов направлений единичного круга:

- 1) i -ый сектор направлений; 2) $n+i$ -ый сектор направлений;
- 3) знак выражения a_1x+b_1y в i -ом секторе направлений; 4) противоположный знак выражения a_1x+b_1y в $n+i$ -ом секторе направлений

Таким образом, определяя направления (13), (19), (23) и максимальные и минимальные значения (25), (26) интенсивности трещиноватости (8), (15) по всем секторам направлений, выделим из них наибольшее $L_{нб}$ и наименьшее $L_{нм}$ значения интенсивности трещиноватости $L(x, y)$ (8) и направления $\vec{e}_{нб}, \vec{e}_{нм}$, по которым достигаются эти значения.

В качестве примера определим интенсивность трещиноватости Лебединского месторождения в плане в принятой на месторождении системы координат Oxy и найдём экстремумы её анизотропии.

В пределах Лебединского месторождения наибольшее распространение имеют три основные системы трещин, которые обуславливают форму, ориентировку в пространстве, размеры средней естественной отдельности, блочность в массиве горных пород [4]. Трещины первой системы параллельны напластованию сланцев, продольные

относительно осей складок и характеризуются средними значениями азимута простирания СЗ 312° , угла падения 70° и расстояния между трещинами 0,18 м. Трещины второй системы представляют нормально секущую слоистость и имеют средние значения азимута простирания СВ 70° , угла падения 75° и расстояния между трещинами 0,32 м. Трещины третьей системы перпендикулярны к складчатости и слоистости, их элементы залегания характеризуются средними значениями азимута простирания СВ 40° , угла падения 48° и расстояния между трещинами 0,4 м.

Согласно формулам (6), (7) и на основе представленных элементов залегания систем трещин приведём ниже в таблице 1 координаты векторов $\vec{\omega}_i, i = 1, 2, 3$ (7) в плоскости Oxy , которые являются проекциями векторов систем трещин на плоскость Oxy .

Таблица 1

Координаты векторов-проекции векторов систем трещин на плоскость Oxy

Системы трещин, № и символ	Частота трещин ω_i	Азимут A, \circ	Угол падения δ, \circ	Координаты вектора $\vec{\omega}_i^* = (a_i, b_i), i = 1,2,3$	
				a_i	b_i
1	2	3	4	5	6
i=1; C3	5,56	312	70	3,98	3,50
i=2; CB	3,12	70	75	-2,83	1,03
i=3; CB	2,50	40	48	-1,19	1,42

По данным таблицы и выражения (8) получим в системе координат Oxy функцию

$$L(\alpha) = L(x, y) = |3,88x + 3,50y| + |-2,83x + 1,03y| + |-1,19x + 1,42y|, \quad (28)$$

определённую в точках единичной окружности (9).

Для снятия модулей в функции (28) приравняем к нулю выражения под знаками

$$i = 1, \begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ x = -3,50t \\ y = 3,88t \end{cases}; i = 2, \begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ x = 1,03t \\ y = 2,83t \end{cases}; i = 3, \begin{cases} x^2 + y^2 = 1 \\ x = 1,42t \\ y = 1,19t \end{cases} \quad (29)$$

где i – номер системы трещин.

По формуле (13) находим решения этих

$$\begin{aligned} i = 1, (x_{11}; y_{11}) &= (0,67; -0,74), (x_{12}; y_{12}) = (-0,67; 0,74) \\ i = 2, (x_{21}; y_{21}) &= (0,43; 0,94), (x_{22}; y_{22}) = (-0,34; -0,94) \\ i = 3, (x_{31}; y_{31}) &= (0,77; 0,64), (x_{32}; y_{32}) = (-0,77; -0,64) \end{aligned} \quad (30)$$

Решения (30) разбивают единичную окружность (см. рис.2) на 3 пары симметричных дуг, на которые опираются секторы единичного круга, задающие направления в плоскости. Так как интенсивности трещиноватости по взаимно противоположным направлениям совпадают, то достаточно исследовать направления трёх смежных несимметричных секторов, характеризующихся граничными единичными векторами:

интенсивности трещиноватости Лебединского месторождения

модулей и с учётом ограничения (9) получим три системы уравнений вида (12), отвечающие трём системам трещин

систем (29)

- I сектор (0,67;-0,74) – (0,77;0,64);
- II сектор (0,77;0,64) – (0,34; 0,94);
- III сектор (0,34;0,94) – (-0,67;0,74).

В I секторе (см. рис. 2) выражение под знаком первого модуля функции (28) положительно, под знаком второго и третьего модуля выражения отрицательны. Поэтому согласно формулам (14)-(15) интенсивность трещиноватости $L(x,y)$ в направлении I-госектора примет вид

$$L_1(x, y) = 3,88x + 3,50y + 2,88x - 1,03y + 1,19x - 1,42y$$

или

$$L_1(x, y) = 7,9x + 1,05y.$$

Тогда по формуле (23) получаем единичный вектор направления максимального значения в I-ом секторе

$$\vec{e}_{max}^{(I)} = (0,99; 0,13), \quad (31)$$

а по формуле (25) максимальное значение по этому направлению

$$\max L_1(x_{11}^*; y_{11}^*) = 7.96 \quad (32)$$

Подобным образом в III-ем секторе по

направлению

$$\vec{e}_{max}^{(III)} = (x_{31}^*; y_{31}^*) = (0; 1) \quad (33)$$

максимальное значение

$$\max L_3(x_{31}^*; y_{31}^*) = 5,95. \quad (34)$$

Во II-м секторе отсутствует максимальное значение.

Минимальные же значения определяем по формулам (26) на границах секторов

$$\begin{aligned} \min L(0,67; -0,74) &= 4,52 \\ \min L(0,77; 0,64) &= 6,76 \\ \min L(0,34; 0,94) &= 5,54 \end{aligned} \quad (35)$$

Из максимальных и минимальных выбираем наибольшее и наименьшее

соответственно (см. рис. 2 и рис. 3).

$$L_{НБ} = \text{наиб. } L(x_{11}^*; y_{11}^*) = 7,96,$$

$$L_{НМ} = \text{наим. } L(0,67; -0,74) = 4,52,$$

которые достигаются соответственно по

направлениям $\vec{e}_{НБ} = (x_{11}^*; y_{11}^*) = (0,99; 0,13)$ и $\vec{e}_{НМ} = (0,67; -0,74)$ и соответственно им противоположным $\vec{e}_{НБ} = (-0,99; -0,13)$ и $\vec{e}_{НМ} = (-0,67; 0,74)$.

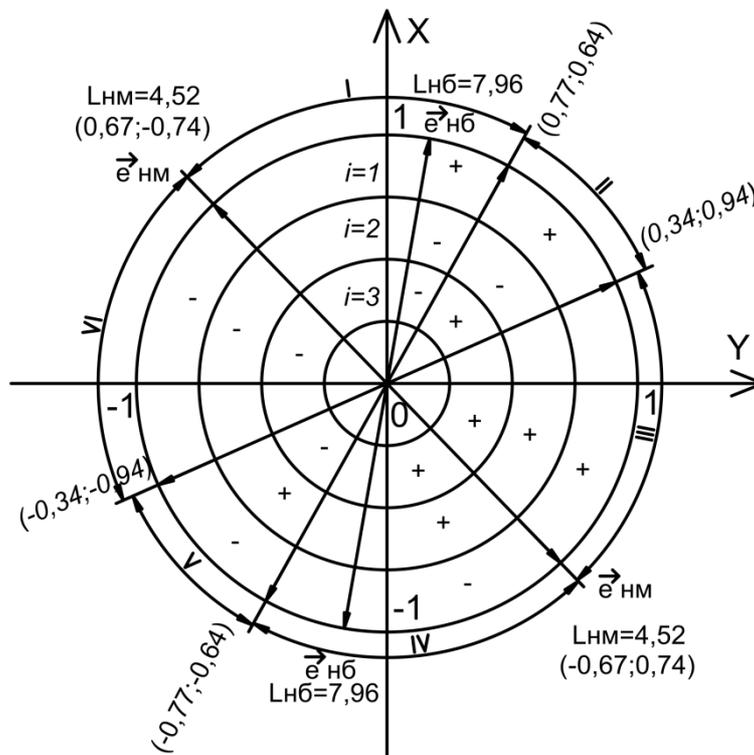


Рис. 2. Наибольшее и наименьшее значения интенсивности трещиноватости Лебединского месторождения:
 I, II, ..., VI – номера секторов направлений единичного круга;
 $L_{НБ} = 7,96$ – наибольшее, $L_{НМ} = 4,52$ – наименьшее значения интенсивности трещиноватости.
 $\vec{e}_{НБ}$, $\vec{e}_{НМ}$ – направления, по которым достигаются соответственно наибольшее и наименьшее значения

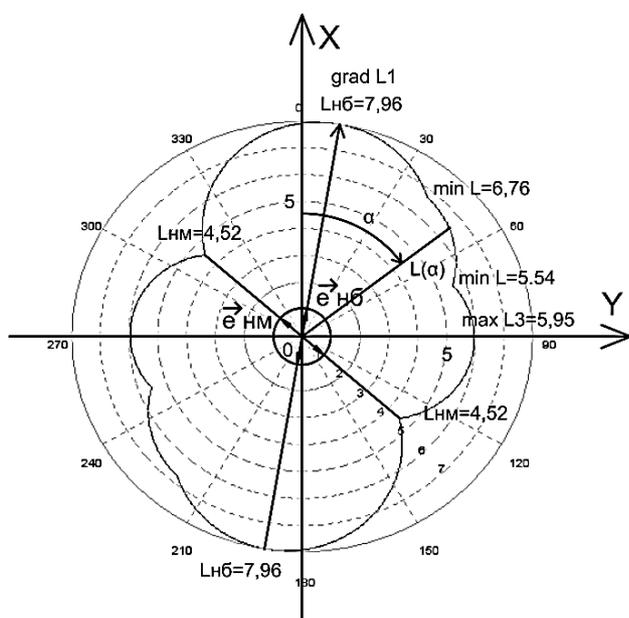


Рис. 3. График интенсивности трещиноватости $L(\alpha)$ (5),(8)

На рис. 3 приведён график интенсивности трещиноватости $L(\alpha)$ (5),(8), направления

наибольшей $\vec{e}_{НБ}$ ($\text{grad } L_1$ и $\text{grad } L_4$) и наименьшей $\vec{e}_{НМ}$ интенсивностей трещиноватости Лебединского месторождения в плане и соответственно наибольшее $L_{НБ}$ и наименьшее $L_{НМ}$ значения по этим направлениям, равные расстояниям от начала координат до графика $L(\alpha)$

Найденные приведенным методом направления экстремумов интенсивности трещиноватости и значения интенсивности в них могут быть положены в основу определения рациональных параметров геометрии сети буровзрывных скважин, так как дробимость пород существенно зависит от их трещиноватости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нейштадт Л.И., Пирогов И.А. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М.: Энергия, 1969. 248 с.
2. Редькин Г.М. Нестационарное анизотропное математическое моделирование

неоднородностей систем минерального сырья. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. 500 с.

3. Брусенцев А.Г., Петрашев В.И., Рязанов Ю.Д. Исследование операций и теория игр: учебн. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 258 с.

4. Геолого-технологическое картирование

попутно добываемых пород Лебединского, Стойленского и Оленегорского месторождений с целью использования их в промышленности строительных материалов: отчёт о НИР (заключит.): 86-Б-25 / Белгор. технол. инс-т строит. матер.; рук. Казикаев Д. М.; исполн. Кокунько В. К., Редькин Г. М. [и др.]. – Белгород, 1990. 163 с. № ГР 0186011432.

Redkin G.M., Kononov A.V.

METHOD FOR FINDING THE DIRECTIONS OF FRACTURING INTENSITY EXTREMUMS

The article describes method for finding the directions of extremums (minimums and maximums) of fracturing intensity in rock, called «method of direction sectors in unit circle». For the extremums finding, the fracturing intensity diagram is plotted, and it is spliced in sectors by systems of fractures. It found that minimums of fracturing intensity are located on the sectors' boundaries, and maximums are located inside of sectors, in direction of sums of the vectors, that describe systems of fractures. An example of extremums' directions finding is given for the Lebedinskoye ore deposit.

Key words: *anisotropy, fracturing, intensity of fracturing, extremums, minimum, maximum.*

Редькин Геннадий Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Коновалов Александр Владимирович, младший научный сотрудник отдела геологии и геоинформатики. ОАО «ВИОГЕМ»
Адрес: Россия, 308007, Россия, г. Белгород, пр-т Богдана Хмельницкого, 86.
E-mail: alexander.v.kononov@yandex.ru

Лазебная Е.А., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОГНОЗНЫЙ ФОН ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

l_el_a@mail.ru

Задача формирования эффективной территориально-отраслевой системы подготовки специалистов, востребованных существующим на рынке труда спросом, требует создания качественного информационного обеспечения в виде как краткосрочного, так и долгосрочного, постоянно уточняемого прогноза. Осуществить эффективные прогнозные оценки невозможно без использования адекватных изучаемым процессам математических моделей, опирающихся на ретроспективные данные и количественно оценивающих существующий спрос на специалистов. Важным этапом в построении математической модели прогнозирования востребованности специалистов на региональном рынке труда является предварительная обработка данных, составляющих прогнозный фон, которая выполняется с целью повышения качества временного ряда, что в конечном итоге повлечет за собой повышение точности результата прогноза, представляющего собой оценку будущей востребованности специалистов. При этом предлагаемые подходы должны учитывать необходимость проведения адаптации прогнозной модели к условиям неполных и нечетких данных в виду особенностей функционирования элементов системы – рынка труда и рынка образовательных услуг в нечетких условиях.

Ключевые слова. Предварительная обработка данных, временные ряды, прогнозирование востребованности специалистов, снижение противоречивости наборов временного ряда.

Введение. Моделирование временного ряда представляет собой формализованную процедуру, позволяющую по прошлым значениям ряда вычислять будущие значения прогнозируемого показателя на заданный период упреждения. Конечной целью формирования временного ряда является его подготовка к использованию для построения математической модели прогнозируемого процесса, которая и будет описывать распознаваемую ситуацию с заданным условием оптимизации [1].

Формализованное представление математической модели, описывающей востребованность специалистов на региональном рынке труда, этапы адаптивного построения математической модели прогнозирования и их особенности подробно рассмотрены в [2–3]. Возможность моделирования зависимости величины сегмента рынка труда для отдельной профессиональной группы от экономических показателей обеспечивается посредством выявления и анализа основных групп факторов, описывающих, существующий на региональном рынке труда совокупный спрос на специалистов. На основе анализа, проведенного с помощью когнитивной модели, в качестве основных факторов для прогнозирования востребованности специалистов определены следующие: показатель потенциального спроса, показатель реализованного спроса, показатель резервного спроса и показатель степени трудоустройства выпускников [4].

Методология. Прогнозирование востребованности специалистов на региональном рынке труда на основе временных рядов основывается на многофакторной регрессионной модели [5]. Предварительная обработка данных, составляющих прогнозный фон, следует общей концепции проведения исследований с помощью методов интеллектуального анализа данных Data Mining, включая методы предварительной обработки данных, классификации и регрессии [6–7]. Аппарат нечетких множеств и нечеткой логики используется для учета специфики функционирования регионального рынка труда относительно сложившейся на нем профессионально-квалификационной структуры в нечетких условиях и при неполных данных [8–9]. Оценка эффективности проведенной предобработки данных временного ряда проводится с помощью соотношения, в теории непрерывных функций называемого константой Липшица.

Основная часть. Предварительная обработка данных включает в себя несколько шагов.

Шаг 1. Из всей совокупности показателей регионального рынка труда, описывающих совокупный спрос на специалистов, определяется набор факторов, значения которых могут быть вычислены на основании собранных сведений. Эти значения представляют собой прогнозный фон, на основе которого будет строиться временной ряд.

В результате получена группа факторов, значения которых определены в интервале вре-

мени T с периодичностью один год: $G' = \{G'_1, G'_2, \dots, G'_{k'}\}^T$, где k' – определяет количество полученных факторов. Поскольку объект исследования – региональный рынок труда функционирует в нечетких условиях и при неполных данных, то для каждого из факторов определена своя глубина погружения в историю (т.е. временной период, в течение которого определены его значения): $R' = \{R'_1, R'_2, \dots, R'_{k'}\}^T$ (табл. 1).

Таблица 1

Сведения, полученные на шаге 1 предварительной обработки данных

Фактор	$(G'_1)^T$	$(G'_2)^T$	...	$(G'_{k'})^T$
Глубина погружения	$(R'_1)^T$	$(R'_2)^T$	...	$(R'_{k'})^T$

Шаг 2. Из полученного множества факторов G' для отбора наиболее значащих факторов, участвующих в построении модели прогнозирования, на данном шаге используется набор правил вывода. При этом необходимо оптимальным образом учитывать мнение эксперта относительно степени влияния на результат прогноза факторов из множества G' , глубину погружения каждого фактора в историю и значения коэффициентов парной корреляции факторов.

С одной стороны набор правил рассматривает возможность исключения некоторых мало значащих факторов для сохранения большего размера глубины погружения всего временного ряда. С другой стороны, набор правил рассматривает возможность сокращения размера глубины погружения всего временного ряда для учета в модели наиболее важных факторов из множества G' , для которых R'_l в интервал времени T не является максимальной, где $R'_l \in R', l = 1, \dots, k'$. В результате выполнения этого шага из общей совокупности факторов G' получен поднабор факторов $G = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}^T$ и оптимальная глубина погружения $R_{\text{оптим}}$. При этом k определяет количество полученных факторов в множестве G , которые будут учтены в модели прогнозирования, величина $R_{\text{оптим}}$ будет одинаковой для всех факторов множества G (табл. 2).

Таблица 2

Сведения, полученные на шаге 2 предварительной обработки данных

Фактор	$(G_1)^T$	$(G_2)^T$	...	$(G_k)^T$
Глубина погружения	$R_{\text{оптим}}$			

Шаг 3. Выполняется обработка данных в зависимости от требований к форме получения результата прогноза:

а) для получения на выходе прогнозной модели в качестве результата информации о характере динамики изменения исследуемого процесса трудоустройства на период упреждения (т.е. оказывается достаточным прогнозировать только знак приращения), дальнейшую предобработку данных временного ряда необходимо провести по правилу:

$$GK_{j t_i} = \begin{cases} 1, \Delta G_{j t_i} > 0 \\ 0, \Delta G_{j t_i} = 0 \\ -1, \Delta G_{j t_i} < 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $\Delta G_{j t_i} = G_{j t_{i+1}} - G_{j t_i}$, $t_i \in T$, $i = 1, \dots, R_{\text{оптим}} - 1$, $j = 1, \dots, k$, k – количество факторов в множестве G . Полученный в результате предобработки ряд $\{GK_{t_1}, GK_{t_2}, \dots, GK_{t_{R_{\text{оптим}}-1}}\}^T$ будет сохранять основную информацию о характере и последовательности изменений процессов трудоустройства, но такой переход сопряжен и с потерей части информации. Поэтому использовать его можно только при соответствующих требованиях к виду получаемого результата.

б) для получения на выходе прогнозной модели значения, определяющего величину динамики изменения исследуемого процесса востребованности специалистов на период упреждения, необходимо в качестве значений факторов модели прогнозирования использовать не конкретные значения соответствующих им показателей в каждый отдельный временной период, а их приращения за последовательные временные периоды. В связи с этим предобработка исходных данных будет заключаться в следующем преобразовании: от данных $G = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}^T$, где k – количество факторов в множестве G перейдем к $R_{\text{оптим}} - 1$ разностям этого ряда: $\Delta G_{j t_1}, \Delta G_{j t_2}, \dots, \Delta G_{j t_{R_{\text{оптим}}-1}}$, где $\Delta G_{j t_i} = G_{j t_{i+1}} - G_{j t_i}$, $t_i \in T, i = 1, \dots, R_{\text{оптим}} - 1$, $j = 1, \dots, k$, k – количество факторов в множестве G .

Шаг 4. Для увеличения размера временного ряда необходимо брать приращения не только за последовательные, а за все возможные комбинации периодов $t_i \in T$, что позволит получить временной ряд, размер которого вычисляется по формуле:

$$R_{\text{макс}} = \frac{R_{\text{оптим}}}{2} \cdot (R_{\text{оптим}} - 1) \quad (2)$$

В связи с этим предобработка исходных данных будет заключаться в следующем преобразовании: от данных $G = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}^T$, где k – количество факторов в множестве G перейдем

к $R_{\max} - 1$ разностям этого ряда: $\Delta G_{j t_1}, \Delta G_{j t_2}, \dots, \Delta G_{j t_{R_{\max}-1}}$, где $\Delta G_{j m} = G_{j t_i} - G_{j t_r}$, для всех $i < r$, где $i = 2, \dots, R_{\text{оптим}}$, $r = 1, \dots, R_{\text{оптим}} - 1, m = 1, \dots, R_{\max} - 1$.

При проведении такой обработки данных сведения о динамике не теряются, однако при этом необходимо учитывать в модели уменьшающуюся степень достоверности таких рядов данных, а также степень устаревания данных. Для чего в модель введены коэффициенты до-

стоверности и устаревания: $K_{\text{устар}} = \frac{1}{i-1}$, и $K_{\text{дост}} = \frac{1}{i-r}$ для всех $i < r$, где $i = 2, \dots, R_{\text{оптим}}$, $r = 1, \dots, R_{\text{оптим}} - 1$. Пример вычисленных значений коэффициентов достоверности и устаревания при $R_{\text{оптим}}=10$ приводится в табл. 3. Произведение коэффициентов достоверности и устаревания показывает, что их использование позволит учесть в модели неравнозначность тех рядов данных, которые получены после проведения предобработки исходных данных.

Таблица 3

Сведения, полученные на шаге 4 предварительной обработки

№ набора	$i=2..10$	$r=1..9$	$i - r$	$K_{\text{дост}}$	$K_{\text{устар}}$	$K_{\text{дост}} \cdot K_{\text{устар}}$
1	2	1	1	1	1	1
2	3	1	2	0,5	0,5	0,25
...
	9	8	1	1	0,125	0,125
	10	1	9			
...
	10	8	2	0,5	0,125	0,0625
$R_{\max}=45$	$R_{\text{оптим}}=10$	9	1	1	0,111	0,111

Шаг 5. При решении задачи нахождения аппроксимируемой функции, описывающей распознаваемую ситуацию с заданным условием оптимизации, должны учитываться такие характеристики временного ряда, как полнота, равномерность, противоречивость и повторяемость [10]. Для получения возможности анализа этих характеристик предлагается проведение кластеризации по значениям независимых переменных, что позволит создать определенные правила, с помощью которых в дальнейшем можно относить объекты к различным классам или к одному классу. При этом объекты группируются, исходя из их сходства, или близости [5]. Полнота выборки, представляющей собой наборы временного ряда, определяется обеспеченностью классов обучающими наборами. Равномерность выборки показывает, насколько равномерно распределены наборы по классам, а повторяемость - показатель, характеризующий количество одинаковых наборов в рамках одного класса. Противоречивыми считаются наборы временного ряда, описывающие одинаковые ситуации (значения независимых переменных которых имеют сходство), но зависимая переменная имеет разные значения [10].

Естественно, что чем больше в обучающей выборке присутствует наборов, для которых входные векторы близки друг к другу, а выходные далеки (противоречивость) и чем ниже полнота задания временного ряда, тем труднее провести процесс построения математической модели прогнозирования. Поэтому основными требованиями к временному ряду являются ха-

рактеристики непротиворечивости и полноты задания его значений. Решение задачи снижения противоречивости наборов временного ряда для исключения из неё противоречивых и резко выделяющихся из всех остальных данных на данном шаге проводится с помощью кластерного анализа, который проводится в 2 этапа: разделение наборов временного ряда на классы и устранение противоречивости данных.

Для разделения наборов временного ряда на классы, количество которых заранее известно использован метод *K-средних* [5], в основе которого использован алгоритм, представляющий собой итерационную процедуру. На каждой итерации происходит изменение границ классов и смещение их центров. В результате минимизируется расстояние между элементами внутри классов. Остановка алгоритма производится тогда, когда границы классов и расположения центров не перестанут изменяться от итерации к итерации.

В результате выполнения этого этапа получено распределение наборов временного ряда по классам на основе значений независимых переменных.

Для устранения противоречивости применяется искусственное сближение выходных значений зависимых переменных для наборов временного ряда, размещенных в одном классе, значения независимых переменных которых имеют сходство. Рассмотрим 2 способа решения задачи устранения противоречивости данных временного ряда для отдельно взятого класса, в котором определено m наборов данных.

1 способ Выходное значение зависимой переменной c'_v v -го набора отдельного класса (где $v=1..m$, m – количество наборов класса) будет рассчитываться как среднее выходных значений всех m наборов, размещенных в этом классе, взвешенное по функции от расстояния до входного v -го набора значений класса:

$$c'_v = \frac{\sum_{r=1}^m c_v \cdot \lambda_{vr}}{\sum_{r=1}^m \lambda_{vr}} \quad (3)$$

Здесь λ_{vr} , ($0 \leq \lambda_{vr} \leq 1$) – весовые коэффициенты, вычисленные с помощью специальной взвешивающей функции. Роль взвешивающей функции может выполнять функция от расстояния между входными векторами, удовлетворяющая следующим условиям:

- существовать и быть неотрицательной на всем множестве возможных значений расстояния;

- убывать с увеличением расстояния;

- в зависимости от некоторого параметра α изменять скорость убывания. Параметр α задает степень упрощения исходной выборки.

Одной из наиболее известных и широко применяемых функций, удовлетворяющих перечисленным условиям, является функция Гаусса [10], которую и предлагается использовать в качестве взвешивающей. Таким образом, весовые коэффициенты в формуле (3) будут вычисляться следующим образом:

$$\lambda_{vr} = e^{-\left(\frac{\|A_v - A_r\|}{\alpha}\right)^2} \quad (4)$$

где r, v – номера наборов отдельного класса; $r, v = 1..m$, m – количество наборов класса; A_v, A_r – сами наборы (включая значения только независимых переменных); $\|A_v - A_r\|$ – мера расстояния в многомерном пространстве (Евклидово расстояние); $\alpha > 0$ – параметр, задающий ширину (отклонение) функции и определяющий ее влияние.

Функция Гаусса принимает свое максимальное значение, равное единице, при $A_v = A_r$ и убывает при удалении A_v от A_r . Таким образом, в формуле (4) коэффициент $\lambda_{vv} = 1$ (это максимальный коэффициент), $\lambda_{vr} \approx 0$, если $\|A_v - A_r\| > \alpha$.

В результате будет получено искусственное сближение выходных значений наборов, входные значения которых близки между собой. При использовании такого подхода обработки временного ряда количество наборов остается прежним, но противоречивость при этом несколько устранена.

2 способ Можно провести усреднение выходных значений наборов внутри каждого класса с учетом коэффициентов устаревания данных

и достоверности данных, введенных в рассмотрение на шаге 4, используя методы усреднения, учитывающие частоту, например как средняя арифметическая взвешенная. При этом количество наборов временного ряда сократится до количества выделенных классов. Это может быть неплохо только в том случае, если в результате данные временного ряда останутся достаточно полными, т.е. для каждого класса есть выходное значение. В этом случае, задача определения неизвестных значений параметров отпадает – при получении нового набора решается задача классификации, определяющая к какому классу из существующих он больше всего подходит.

Шаг 6. Оценка эффективности проведенной предобработки данных временного ряда проводится с помощью соотношения (5), в теории непрерывных функций называемого константой Липшица [11], которая для пары наборов значений двух независимых факторов одного класса A_v, A_r и значений зависимых факторов C_v, C_r , характеризует сложность наборов следующим образом:

$$L_{vr} = \frac{\|C_v - C_r\|}{\|A_v - A_r\|} \quad (5)$$

Сложность воспроизведения всего временного ряда может быть получена расчетом среднего или максимального и минимального значений L_{vr} для всех пар наборов. Применение соотношения (5) с целью оценки обучающей возможности временного ряда обсуждалось в литературе и показало свою практическую значимость [11].

Выводы. При моделировании временного ряда, используемого для оценки востребованности специалистов, в работе была учтена возможность возникновения ряда характерных трудностей, затрудняющих моделирование, а также приведены подходы к их устранению, а именно:

– развитие экономических процессов и явлений происходит непрерывно, но реально исследовать можно лишь дискретные по времени значения показателей рынка труда. Так как в исследованиях в качестве временного интервала выбран один год, то выборка содержит сравнительно немного элементов (небольшую глубину погружения в историю). Предложен подход увеличения размера существующей выборки на исследуемом интервале T , на основе которой выполняется моделирование;

– поскольку характерной чертой временного ряда является существование порядка наблюдения, то в модель введены коэффициенты устаревания и достоверности;

– экономические ряды динамики часто являются сильно автокоррелированными. Это учитывается при формировании группы наиболее значимых факторов в наборе правил вывода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2001. 228 с.
2. Лазебная Е.А. Методы и алгоритмы решения задачи прогнозирования в системе управления планированием подготовки специалистов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. Ежемесячный научно-технический журнал. 2014. № 11. С. 65–71.
3. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. 415 с.
4. Лазебная Е.А., Лазебная И.А. Задачи и информационное наполнение системы прогнозирования потребности в трудовых ресурсах // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: сб. материалов V Междунар. заочная науч.-практ. конф., Белгород : Изд-во БГТУ, 2013. С. 22–28.
5. Большаков А.А., Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных и временных рядов. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 522 с.
6. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В. Холод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 331 с.
7. Чубукова И.А. Data Mining: учеб. пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 324 с.
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: учеб. пособие для вузов. СПб.: Питер, 2001. 384 с.
9. Баллод Б.А., Елизарова Н.Н. Методы и алгоритмы принятия решений в экономике. СПб.: Финансы и статистика, 2009. 224 с.
10. Тарасенко Р.А., Крисилов В.А. Предварительная оценка качества обучающей выборки для нейронных сетей в задачах прогнозирования временных рядов // Труды Одесского политехнического университета. 2001. Вып.1. С. 90–93.
11. Царегородцев В.Г. Предобработка обучающей выборки, выборочная константа Липшица и свойства обученных нейронных сетей / Нейроинформатика и ее приложения: сб. материалов X Всеросс. семинара // Красноярск, 2002. С.146–150.

Lazebnaya E.A.

THE ORDER OF A PRE-PROCESSING THE DATA THAT MAKE UP THE HISTORICAL DATA IN FORECASTING TIME SERIES

The task of creating an effective territorial and sectoral system of training of specialists requires the creation of high-quality information support in the form of both short and long term, continually refines the forecast. Implement effective forward-looking assessment is not possible without adequate study the process of mathematical models based on historical data and measure the existing demand for specialists. An important step in building a mathematical model of forecasting the demand for professionals in the regional labor market is a pre-processing the data, which is performed to improve the quality of the time series that eventually will lead to improve the accuracy of the forecast is an estimate of future demand for specialists. Proposed approach must take into account the need for adaptation of a predictive model to the conditions of incomplete and unclear data referring to elements of the functioning of the system - the labor market and the education market in fuzzy conditions.

Key words: *Pre-processing of data, time series, forecasting demand for professionals, reduced of the contradictory sets of time series.*

Лазебная Елена Александровна, доцент кафедры информационных технологий.

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

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

E-mail: l_el_a@mail.ru

Шаптала В.Г., д-р техн. наук, проф.,

Северин Н.Н., д-р пед. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Коник А.А., препод.,

Дорохин А.Ю., препод.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМ РИСКОМ РЕГИОНА*

zchs@intbel.ru

Проведен аналитический обзор процедуры оценки техногенного риска региона. Представлены и систематизированы основные положения управления риском с целью его снижения.

Ключевые слова: риск, оценка, анализ, методика, население, идентификация, прогнозирование

Введение. Процедуру оценки техногенного риска для региона можно представить следующими этапами [1]:

1. Создание базы данных для изучаемого региона, в которую входит информация о географии региона, метеорологии, топологии, инфраструктуре, распределении населения и демографии, расположении промышленных и иных потенциально опасных производств и объектов, основных транспортных потоках, хранилищах, промышленных и бытовых отходов и т.д.

2. Идентификация и инвентаризация опасных видов хозяйственной деятельности, выделение приоритетных объектов для дальнейшего анализа. На этом этапе выявляются и ранжируются по степени опасности виды хозяйственной деятельности в регионе.

3. Количественная оценка риска для окружающей среды и здоровья населения, включающая: количественный анализ воздействия опасностей в течение всего срока эксплуатации предприятия с учетом риска возникновения аварийных выбросов опасных веществ; анализ воздействия опасных отходов; анализ риска при транспортировке опасных веществ [2].

4. Анализ инфраструктуры и организации систем обеспечения безопасности.

Включает: анализ и планирование действий в случае чрезвычайных ситуаций с учетом взаимодействия различных служб с органами государственного управления и контроля, а также с представителями общественности и населением; анализ систем и служб противопожарной безопасности с учетом пожаро-опасности предприятий, объектов повышенной опасности, систем транспортировки энергии и энергоносителей; анализ структуры контроля качества окружающей среды в регионе; экспертизу и анализ нормативных и законодательных документов.

5. Разработка и обоснование стратегий и оперативных планов действий, призванных эффективно реализовывать решения в сфере без-

опасности и гарантировать достижение поставленных целей.

6. Формулировка интегральных стратегий управления и разработка оперативных планов действий, включающая: оптимизацию затрат на обеспечение промышленной безопасности; определение очередности осуществления организационных мероприятий по повышению устойчивости функционирования и снижения экологического риска при нормальной эксплуатации объектов региона, а также в чрезвычайных ситуациях. Система управления риском должна содержать технические, оперативные, организационные и топографические элементы [3].

Основная часть. На основе результатов прогноза масштабов возможной или возникшей чрезвычайной ситуации принимаются меры защиты населения и территорий в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) по двум основным направлениям:

– превентивные меры по снижению рисков и уменьшению масштабов чрезвычайных ситуаций, осуществляемые заблаговременно;

– меры по локализации (ликвидации) уже возникших чрезвычайных ситуаций (экстренное реагирование, т.е. аварийно-спасательные и другие неотложные работы, восстановительные работы, реабилитационные мероприятия и возмещение ущерба).

Для экстренного реагирования, направленного на спасение людей, ликвидацию чрезвычайных ситуаций, в рамках РСЧС создаются, оснащаются, обучаются и поддерживаются в готовности к немедленным действиям аварийно-спасательные формирования, разрабатываются планы мероприятий по эвакуации населения и первоочередному жизнеобеспечению населения пострадавших территорий. Для решения данной задачи создаются запасы материальных средств и финансовых ресурсов, страховые фонды и т.п.

Заблаговременное предвидение риска и принятие мер по его снижению называется *управлением риском*. Управление осуществляется на основе оценки риска, которая является функцией от подверженности рассматриваемого объекта опасным воздействиям, чувствительности (уязвимости) данного объекта к его защищенности от них. В тех случаях, когда риск оценивается по величинам потерь или ущерба, понесенного в прошлом, термины «риск» и «ущерб» рассматриваются как равнозначные.

Во всех случаях стихийных опасных природных явлений возникает задача многомерного понимания характера их возникновения. Прежде всего необходимо изучить поведение этих явлений, их классификацию и возможное прогнозирование их частоты и последствий, а также меры по смягчению последствий.

Основным недостатком существующих подходов к управлению рисками катастрофы является отсутствие теоретической базы и общих принципов построения моделей опасных природных явлений [4].

Около 30 лет назад в мировых научных кругах обозначилось новое направление – поиск научной методологии для анализа рисков, связанных с различными социальными явлениями (транспортные, риски самоубийства, которые могут быть обусловлены общественной дезорганизацией), экологических, техногенных, финансовых рисков. Необходимо было выработать универсальный подход для выбора того или иного варианта действий для лиц, ответственных за принятие решения.

С развитием общества необходимость исследовать и рационально использовать механизмы риска при оценке результатов человеческой деятельности постоянно возрастает. При этом развитие методологии управления рисками и соответствующего расчетного аппарата связывается в первую очередь со стремлением выявить, измерить, оценить, а затем и уменьшить вред и ущерб для окружающей среды и здоровья человека, наносимые его (человека) хозяйственной и иной деятельностью. В таком ключе, в частности, рассматриваются следующие процессы: вредные производства, экологически опасные проекты, захоронение отходов, техногенные катастрофы и стихийные бедствия.

Вместе с формированием и развитием рыночных механизмов остро встали проблемы оценки и учета рисков в сфере деловых отношений, нейтрализации рисков, управления рисками. Сегодня рыночные процессы невозможно представить без рисков. За последние десятилетия этим проблемам стало придаваться все

большее значение, причем не только на Западе, но и в России.

Следует обратить внимание, что проблема рисков тесно переплетается с проблемой неопределенности (неточности, недостаточности, неполноты, недостоверности, ненадежности) наших знаний об условиях и процессах, протекающих в интересующем нас объекте и внешней среде, с вероятностным характером возникновения нежелательных событий. Поэтому исследование рисков всегда тесно связано с анализом неопределенности. А эффективные пути предотвращения нежелательных событий, снижения уровней рисков, как правило, связаны с целенаправленным снижением неопределенности.

За прошедшее время в России усилиями отдельных организаций, творческих коллективов и специалистов, число которых постоянно росло, были разработаны основные положения теории и методики количественной оценки природных рисков, характеризующих в вероятностном виде возможные физические, экономические и социальные потери от опасных природных и техноприродных процессов. Для некоторых из этих процессов были предложены принципиально новые, вероятностно-детерминированные методы прогнозирования, позволяющие устанавливать зоны возможного поражения, разрушительную силу (интенсивность) и вероятность реализации опасных природных воздействий, а также их негативные последствия. Была сформулирована концепция допустимого (приемлемого) уровня природного риска, являющаяся в настоящее время общепризнанной основой для принятия научно обоснованных (а не волевых) управленческих решений по уменьшению потерь от природных опасностей на федеральном, региональном и локальном уровнях. Составлены первые в мире карты природного риска отдельных регионов, городов и России в целом.

Все большее число правительств и международных организаций рассматривают снижение риска как единственно верное решение проблемы уменьшения воздействия стихийных бедствий на общество и окружающую среду. Стратегии по снижению риска включают:

- картографирование уязвимых территорий;
- определение районов, безопасных для заселения и развития;
- принятие строительных норм и правил, составляющих основу проектирования, с учетом возможных последствий стихийных бедствий и оценок опасности риска в данном месте;
- обеспечение выполнения планов по снижению риска и соблюдения правил с помощью экономических и прочих стимулов.

Для того чтобы помочь всем членам мирового сообщества стать более устойчивыми перед лицом стихийных бедствий и перейти от ликвидации последствий к управлению рисками, ООН выработала «Международную стратегию по снижению последствий стихийных бедствий», включив проблему предупреждения рисков в программу устойчивого развития. Учтены опыт и достижения Международного десятилетия снижения последствий стихийных бедствий. Имеются положительные результаты в работе конференций «Йокогамская стратегия и план действий за безопасный мир» (1994 г.) и «Безопасный мир в XXI в., стихийные бедствия и снижение риска» (1999 г.). Все они отражают межотраслевой и междисциплинарный подход к борьбе с последствиями стихийных бедствий.

Анализ риска для человека и окружающей среды в широком смысле (с использованием принципов устойчивого долговременного развития цивилизации) представляет собой предмет исследований безопасности бытия человека, общества и окружающей среды.

В связи с тем, что методы количественной оценки риска развиты недостаточно для существующего широкого спектра факторов опасности, в качестве временного количественного выражения может быть принята система показателей опасностей.

При управлении риском решается целый комплекс задач, связанных с регулированием эффектов воздействия на человека и окружающую среду. Главными способами их решения являются методы анализа эффективности экономических и административных мер по уменьшению величины отрицательных эффектов до определенного уровня. Как правило, применяются методы анализа «риск–выгода», «затраты–выгода», «стоимость–эффективность» и некоторые другие специальные методы [5].

Для получения количественной оценки риска требуется достаточно мощный инструментарий, включающий, например, комплекс расчетных кодов, опирающихся на базы данных, которые обобщают накопленную информацию о возможных сценариях поведения рассматриваемой системы при различных граничных и начальных условиях. Кроме того, должны существовать базы знаний и базы данных по механизмам распространения, попадания в организм человека и воздействия на него биологически опасных веществ и соединений. Важны расчетные программы управления риском – экономической эффективности мероприятий по снижению риска. Таким образом, в состав инструментария для анализа риска должны входить по

крайней мере 3 группы расчетных методов и программ с необходимыми базами данных [6]:

1) методы и программы для вероятностной оценки путей возникновения и процессов развития нежелательных событий (аварий, стихийных бедствий и катастроф);

2) методы и программы, описывающие последствия нежелательных событий, например, выход, поведение и распространение в окружающей среде опасных веществ и механизмы поражения этими веществами организма человека;

3) методы и расчетные программы оценки экономического ущерба и оптимизации расходов средств на предотвращение или уменьшение последствий нежелательных событий.

Необходимо отметить, что в силу неполноты базы знаний и базы данных, имеющихся на сегодняшний день и закладываемых в расчеты, количественные результаты анализа риска могут иметь значительную неопределенность.

Методология анализа риска начала развиваться в мире более 20 лет назад применительно в основном к ядерным энергетическим установкам, объектам химической промышленности и ракетно-космической технике. К настоящему времени в стране создан некоторый научный потенциал в этой области. Существуют математические модели и расчетные программы для численного моделирования процессов распространения различных веществ в атмосфере (газов, аэрозолей, радионуклидов) и водных средах. Накоплен определенный опыт по оценке поведения в экосистемах различных классов загрязнителей, аккумуляции и воздействия их на здоровье населения [7].

Риск как вероятностная величина позволяет сравнивать последствия различных явлений и процессов как внутри данной группы, так и между группами различных по генезису явлений (техногенных, природных, биологосоциальных).

Развитие концепции риска в настоящее время идет по трем основным направлениям: 1) разработка методов оценки вероятности негативных событий; 2) оценка их последствий; 3) определение приемлемого риска (нормирование риска). Нормирование заключается в установлении приемлемого уровня безопасности, который наиболее часто определяется как величина индивидуального суммарного риска смерти человека вследствие воздействия различных опасностей (техногенных, природных, биологосоциальных) [8].

Концепция приемлемого риска базируется на следующих основных принципах [9]:

1. Человек и среда его обитания подвержены опасностям разной природы, количество которых постоянно увеличивается с развитием стихийной техносферы.

2. Оценка воздействия потенциальных источников опасности для человека и биоты возможна лишь в вероятностно-детерминированной форме.

3. Существует вариабельность воздействия различных факторов на природно-технические системы, человека и биоту.

4. Постулируется беспороговый характер проявлений воздействия неблагоприятных техногенных факторов на человека и биоту (любому уровню воздействия соответствует некоторый уровень опасности и риска).

5. Утверждается, что различные факторы могут оказывать комбинированное воздействие на человека и биоту.

6. Предполагается кумулятивный (накапливающийся) характер воздействия ряда неблагоприятных факторов.

7. Признается значительная роль длительности воздействия многих факторов риска (химическое и радиационное загрязнения и др.).

8. Предполагается существование некоторого уровня приемлемого риска отдельно для человека и для биоты.

9. Постулируется, что уровень приемлемого риска стихийно сформировался в обществе в условиях отсутствия достоверной информации о величинах реального риска от многих природных и техногенных факторов.

10. Постулируется, что уровнем риска можно управлять, воздействуя на условия его формирования.

11. Возможно замещение прежних рисков новыми при условии снижения общего уровня риска.

12. Постулируется ограниченность доступных ресурсов для обеспечения безопасности населения и биоты.

Для оценки риска необходимы количественные показатели. Они должны обеспечивать оценку состояния безопасности жизнедеятельности на определенной территории. Существуют приблизительные математические описания, т.е. определена функциональная зависимость ряда комплексных рисков (например, техногенных, сейсмических) от внешних параметров. Таким образом, следует сделать важный вывод – рисками можно управлять.

$$\text{Риск} = f(P_A, P_B, P_{CB}, C)$$

где f – фактор, различный для разного рода катастроф; P_A – вероятность катастрофы, вычисленная по числу предшествующих катастроф; P_B –

вероятность возникновения качественно разрушительных процессов при катастрофе (например, высота волн цунами, скорость ветра в циклоне, амплитуда сейсмических волн и т.п.); P_{CB} – внешние условия (плотность населения, характер построек, социальные и политические отношения); C – последствия катастрофы.

Вывод. Приведенное уравнение не позволяет вычислить риск возникновения катастрофы, однако отдельные его показатели могут быть использованы при оценке воздействия катастрофы. Более точные описания используют аппарат теории вероятностей.

**Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

1. Воробьев Ю. Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций: Монография. М.: ФИД «Деловой экспресс», 2000. 248 с.

2. Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В. Оценка риска и управление техногенной безопасностью. М.: «Деловой экспресс», 2002. 183 с.

3. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Системы управления рисками чрезвычайных ситуаций. Белгород, 2010.

4. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: уч. пос. Белгород.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010.

5. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Оптимальное распределение сил и средств, предназначенных для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 138–139.

6. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. М.: «Деловой экспресс», 2000. 248 с.

7. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Методологические основы моделирования систем обеспечения комплексной безопасности вузов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №3. С. 64–66.

8. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Шульженко В.Н., Глызин В.Л. Нормирование рисков техногенных чрезвычайных ситуаций. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. №4. С. 65–68.

9. Измалков В.И. Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. Москва – Санкт-Петербург, 1998.

Shaptala V.G., Severin N.N., Konik A.A., Dorokhin A.Yu.

MANAGING TECHNOLOGY-RELATED RISKS OF THE REGION

The analytical review of technology-related risk assessment of the region has been carried out. The main points of managing risk with the purpose of its reduction are presented and systematized.

Key words: *risk, assessment, analysis, methodology, population, identification, forecasting.*

Шаптала Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru

Северин Николай Николаевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru.

Коник Алексей Алексеевич, кандидат педагогических наук, преподаватель кафедры физического воспитания.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.

E-mail: zchs@intbel.ru.

Дорохин Александр Юрьевич, преподаватель кафедры физического воспитания.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.

E-mail: zchs@intbel.ru.

Прокопенко А.Н., канд. техн. наук, проф.
Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина
Ковалева Е.Г., канд. техн. наук,
Васюткина Д.И., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

zchs@intbel.ru

Проведен анализ системы организационно-технического управления комплексной безопасностью высшего учебного заведения и разработана функциональная модель процесса организационно-технического управления комплексной безопасностью с применением IDEF технологий.

Ключевые слова: безопасность, комплексная безопасность, иерархия, информационная система, риск, модель.

Введение. Система организационно-технического управления (СОТУ) высшего учебного заведения предназначена для оценки для оценки текущего состояния и определения целевого уровня безопасности, планирования мероприятий в рамках финансирования, анализа риска, определение архитектуры комплекса технических средств безопасности, определение направлений модернизации СОТУ и мониторинга функционирования системы управления при защите учреждений от внешних угроз различного характера – террористической, пожарной, экологической и других [1].

Оперативное управление системами жизнеобеспечения и системами безопасности (СБ) в штатных ситуациях может осуществляться с помощью управляющих программ, разработанных на основе известных алгоритмов [2]. Однако, если в результате аварии или реализации внешних угроз возникает чрезвычайная ситуация (ЧС), такое управление становится неэффективным из-за неполноты и неопределенности исходной информации, а также плохой структурируемости возникающей обстановки.

Обычное управление не позволяет своевременно принять решения по локализации опасных событий и смягчению их поражающих воздействий, по организации взаимодействия оперативных служб учреждения и города, направленного на устранение ЧС и ликвидацию ее последствий.

Сложность осуществления эффективного управления в трудно формализуемых ЧС привела к необходимости разработки процесса организационно-технического управления безопасностью высшего учебного заведения на основе IDEF технологий [3].

Методология. В процессе работы был использован системный подход, охватывающий методы обобщения и анализа, аналитические

исследования, методы математического моделирования.

Основная часть. Система организационно-технического управления (СОТУ) безопасностью ВУЗа – это часть общей системы управления ВУЗом, направленная на создание, обеспечение, управление, мониторинг, контроль, поддержание и улучшение комплексной безопасности ВУЗа. Как следует из определения, в качестве объекта управления СОТУ выступает система обеспечения комплексной безопасности ВУЗа. А, как было отмечено в 1-й главе, система управления безопасностью ВУЗа является необходимым элементом системы менеджмента качества ВУЗа [4].

Система управления качеством функционирования ВУЗа вырабатывает управляющие воздействия S для различных составляющих деятельности ВУЗа. Результатом данных воздействий является достижение ВУЗом определенного качества функционирования K . Данное значение достигается, в том числе, за счет обеспечения системой ОТУ безопасностью ВУЗа заданного значения уровня обеспечения безопасности УБ. В качестве входных параметров X для СОТУ выступает информация о категории ВУЗа, ресурсах ВУЗа, финансовых ограничениях. СОТУ, в свою очередь, формирует определенный состав СОКБ, направляя командную информацию U для всех составляющих СОКБ. Эффективность функционирования данных составляющих E , в первую очередь КТСБ, служит основой для СОТУ при определении текущего уровня обеспечения безопасности ВУЗа.

Для того чтобы определить архитектуру СОТУ, необходимо выявить круг решаемых ею задач. С этой целью воспользуемся подходом, описанным в стандарте ИСО 27001, в соответствии с которым процесс создания, обеспечения, управления, мониторинга, контроля, поддержания и улучшения комплексной безопасности

ВУЗа должен осуществляться в рамках 4-х фазной модели PDCA (Plan-Do-Check-Act). Модель PDCA (или модель Шухарта-Деминга) определяет четыре этапа, которые должны выполняться последовательно на каждом этапе жизненного цикла СОТУ [5]:

1. Планируй (создание СОТУ).

2. Выполняй (внедрение и функционирование СОТУ).
3. Проверяй (мониторинг и проверка СОТУ).
4. Действуй (поддержание и улучшение СОТУ).

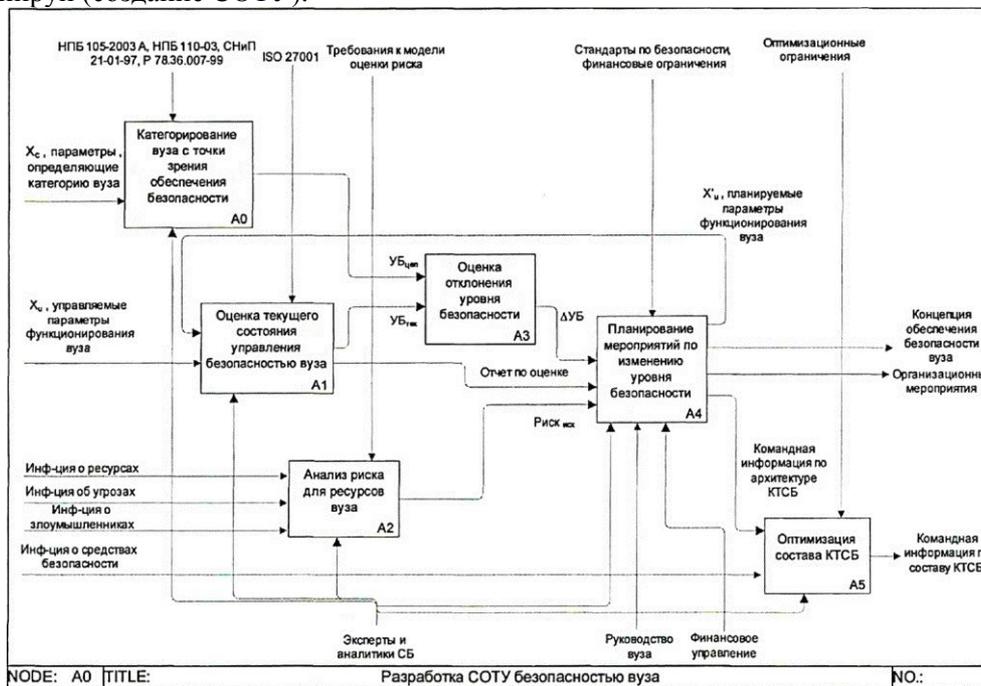


Рис. 1. Функциональная модель процесса организационно-технического управления безопасностью ВУЗа

Жизненный цикл СОТУ:

1. Начальным шагом при создании СОТУ является выпуск приказа о намерении создать систему организационно-технического управления безопасностью ВУЗа с указанием ответственных лиц, ориентировочных сроков выполнения подготовительных мероприятий.

В соответствии с приказом создается команда проекта или же целое подразделение, ответственное за непрерывное обеспечение безопасности ресурсов ВУЗа. Дальнейшие этапы проекта лежат в рамках подхода РОСА.

2. Планируй: разработка Концепции обеспечения безопасности, включающей:

2.1 Категорирование ВУЗа с точки зрения обеспечения безопасности;

2.2 Качественную оценку текущего состояния обеспечения безопасности и определение целевого уровня обеспечения безопасности;

2.3 Выявление направлений создания (совершенствования) СОТУ;

2.4 Планирование мероприятий в рамках выявленных направлений в соответствии с возможностями финансирования;

2.5 Количественную оценку риска (идентификация ресурсов, подлежащих защите, угроз и моделей злоумышленника, уязвимостей, расчет потенциальных потерь);

2.6 Политику управления рисками:

- принятие рисков — значения приемлемых рисков;
- избегание рисков — возможности по исключению влияния угроз на ресурсы;
- применение соответствующих средств снижения рисков;

2.7 Выбор средств снижения рисков в соответствии с требованиями нормативных документов и пожеланиями Заказчика (в том числе организационных мер);

2.8 Определение архитектуры комплекса технических средств безопасности по подсистемам;

2.9 Определение требований к интеграции подсистем;

2.10 Выбор оптимального состава КТСБ;

2.11 Разработка технических заданий (ТЗ) на КТСБ в целом и отдельные подсистемы.

3. Выполняй:

3.1 Производство закупок необходимых работ в соответствии с планом мероприятий и выделяемым финансированием;

3.2 Монтаж и ввод в эксплуатацию оборудования подсистем КТСБ;

3.3 Интеграция подсистем в соответствии с требованиями, приведенными в концепции.

4. Проверяй:

4.1 Периодическая оценка достигнутого рейтинга (уровня) обеспечения безопасности;

4.2 Мониторинг функционирования КТСБ с помощью вспомогательной системы поддержки принятия решений [6].

5. Действуй:

5.1 Замена оборудования, вышедшего из строя;

5.2 Изменение желаемого уровня безопасности;

5.3 Модернизация СОТУ.

Функциональная модель процесса организационно-технического управления безопасностью ВУЗа, построенная с применением ЮЕИ-технологии [7], представлена на рис. 1

Выводы. Таким образом, проведенное исследование направлено на повышение эффективности организационно-технического управления комплексной безопасностью ВУЗа путем разработки соответствующего методического обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Шульженко В.Н., Добровольский В.С., Овечкин А.Н. Комплексная безопасность высших учебных заведений: монография. Петербург: Изд-во «Инфо - да», 2008. 120с.

2. Борисов В.В., Парфенов В.Н., Вохмянин В.В., Сютин Ю.С. Модель жизнеобеспечения муниципальных образований // Тезисы докладов

10-ой международной научно – практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Москва, ЦСМ МЧС России, 19-21 апреля 2005г. С. 38 – 39.

3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление – основа прикладных интеллектуальных систем // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 1995. №2. С. 22– 30.

4. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В. Управление комплексной безопасностью высших учебных заведений: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 125с.

5. Security Lifecycle - Managing the Threat, http://www.sans.org/reading_room/whitepapers/basics/security_lifecycle_managing_the_threat_592

6. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Системы информационной поддержки принятия управленческих решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций органами управления ВУЗа // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 188–191.

7. Черемных, С.В., Семенов, И.О., Ручкин, В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум. М.: Финансы и статистика, 1997. 188 с.

Prokopenko A.N., Kovaleva E.G., Vasyutkina D.I.

OPERATIONAL CONTROL SYSTEM OF INTEGRATED SAFETY ON THE BASIS OF INFORMATION SYSTEMS

The analysis of organizational and technical control system of higher education institutions' integrated safety has been carried out and the functional model of organizational and technical control process of integrated security with the use of IDEF-technologies has been developed.

Key words: *safety, integrated safety and security, hierarchy, information system, risk, model.*

Прокопенко Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры ИКТД ОВД. Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина.
Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.
E-mail: zchs@intbel.ru.

Ковалева Екатерина Геннадьевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: kovalevazchs@yandex.ru

Васюткина Дарья Игоревна, ассистент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: dasha_bgty@mail.ru

*Лисовский В.А., зам. нач. (по защите, мониторингу и предупреждению ЧС),
Литвин М.В., зам. нач. отдела госнадзора в области ГО и ЗНТ
ГУ МЧС России по Белгородской области
Сапоненко И.Г., слушатель ФРК (заочного обучения)
Академия ГПС МЧС России
Шаптала В.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ*

zchs@intbel.ru

В статье анализируются вопросы управления природно-техногенной безопасностью высшего учебного заведения; результативность этого управления; критерии обоснования превентивных мер защиты: экономической обоснованности, временной реализуемости и достаточности.

Ключевые слова: *безопасность, чрезвычайная ситуация, управление, эффективность, экономический эффект, ущерб.*

Введение. В общем случае *управление риском* – это разработка и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности. Главный элемент такой деятельности – процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на снижение различных видов риска с целью достижения такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только возможен с точки зрения экономических и социальных факторов. Этот процесс основан на мониторинге окружающей среды и анализе риска [1].

Управление риском – это также основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который общество считает приемлемым, исходя из существующих ограничений на ресурсы и время.

Для управления риском обычно используется подход, основанный на субъективных суждениях и игнорирующий социально-экономические аспекты. Научный подход к принятию решений в целях повышения безопасности ВУЗа требует взвешенного подхода, основанного на количественном анализе риска и последствий от принимаемых решений. Эти решения принимаются в рамках системы управления риском [2].

Важной составной частью этого управления должна стать система управления рисками ЧС (или управления природной, техногенной безопасностью ВУЗа).

Под управлением природно-техногенной безопасностью высшего учебного заведения (ВУЗ) будем понимать его целенаправленную деятельность по планированию и реализации оптимальной системы мер по обеспечению безопасности студентов и сотрудников, защите

объектов учебного и учебно-производственного назначения от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера [3].

Методология. В процессе работы был использован системный подход, охватывающий методы обобщения и анализа факторов риска, аналитические исследования, методы математического моделирования.

Основная часть. Одной из главных целей разработки системы оперативно-технического управления (СОТУ) безопасностью ВУЗа является планирование архитектуры и состава комплекса технических средств безопасности (КТСБ) ВУЗа. Следовательно, эффективность СОТУ, как степень соответствия системы своему целевому назначению, определяется эффективностью разработанной КТСБ. В качестве же количественной меры соответствия КТСБ своему предназначению (обеспечение безопасности ресурсов ВУЗа) следует использовать значение относительного риска \bar{R} . Показатель относительного риска отражает меру снижения потенциального ущерба ресурсам ВУЗа при использовании средств КТСБ по отношению к исходному значению риска.

Оценка эффективности функционирования системы информационной безопасности (СИБ) является самостоятельной задачей и имеет свои трудности. В работах [4,5,6] описываются подходы к решению данной проблемы.

Предлагается алгоритм анализа риска ресурсам ВУЗа от действий злоумышленника – R_{male} – Однако помимо злоумышленных действий существует такая угроза, как пожар. Рассчитаем ущерб для ресурсов j -го помещения от возникновения пожара по формуле:

$$r_j^{\text{пож}} = p_j^{\text{пож}} \cdot C_L, \quad (1)$$

где $p_j^{\text{пож}}$ – вероятность возникновения пожара в j -м помещении.

Вероятность возникновения загорания в помещении $p_j^{\text{пож}}$ следует рассчитывать по методике, приведенной в [7]. Потенциальный ущерб от пожара равен:

$$R_{\text{пож}} = \sum_{j=1}^m r_j^{\text{пож}}. \quad (2)$$

Тогда общий исходный риск для ресурсов ВУЗа будет равен:

$$R_j^{\text{исх}} = R_{\text{male}} + R_{\text{пож}} \quad (3)$$

В соответствии с результатами анализа риска, выделяются помещения, для которых установленные заказчиком ограничения для потенциального ущерба не выполняются. В каждом из маршрутов, соответствующих подобным помещениям, определяются рубежи, эффективность которых недостаточна для выполнения ограничения на ущерб. Определенные таким образом уязвимые места подлежат защите с помощью средств безопасности. Для каждого помещения составляется список подобных средств, способных перекрыть возможные уязвимости. Таким образом производится функционально-структурный синтез КТСБ. Как оценить эффективность сгенерированной архитектуры КТСБ? Очевидно, что численное значение снижения потенциального ущерба (риска) позволит нам судить об эффективности КТСБ. Внесем необходимые дополнения в модель анализа риска, которые позволят учесть влияние указанных технических средств.

При возникновении угрозы за пределами объекта (ВУЗа), имеет смысл рассматривать последовательность преодоления рубежей.

Вероятность реализации угрозы зависит от характеристик рубежей, которые выполняют либо функцию задержки, либо функцию обнаружения угрозы. Соответственно три периметральных рубежа осуществляют задержку распространения угрозы с вероятностью задержки ($P_{\text{зад}}$), а на открытых пространствах между периметральными рубежами реализуется вероятность обнаружения ($P_{\text{обн}}$). Тогда в общем случае (при возникновении угрозы за пределами объекта) вероятность успешной реализации угрозы в отношении го помещения будет равна:

$$P_{\text{реал}}^j = \prod_{v=1}^3 (1 - P_{\text{обн}v}^j) \cdot \prod_{z=1}^3 (1 - P_{\text{зад}z}^j), \quad (4)$$

где $P_{\text{обн}v}^j$ - вероятность обнаружения в v -м объеме; $P_{\text{зад}z}^j$ - вероятность задержки z -м периметральным рубежом. Следует отметить, что для

внутреннего нарушителя имеет смысл рассматривать только задержку на периметре помещения ($P_{\text{зад}z}$) и обнаружение во внутреннем объеме ($P_{\text{обн}z}$).

Значение риска для j -го помещения с учетом наличия средств обнаружения и задержки рассчитывается следующим образом:

$$r_j' = P_{\text{реал}}^j \cdot r_j, \quad (5)$$

где r_j – исходное значение риска для j -го помещения.

Значение потенциального ущерба от злоумышленных действий, при наличии средств обнаружения и задержки, рассчитывается следующим образом:

$$R_{\text{male}}' = \sum_{j=1}^m r_j'. \quad (6)$$

Ущерб для ресурсов j -го помещения от возникновения пожара, при наличии пожарной сигнализации, рассчитывается по формуле:

$$r_j^{\text{пож}} = (1 - P_{\text{обн}j}^{\text{пож}}) \cdot r_j^{\text{пож}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{обн}j}^{\text{пож}}$ – вероятность обнаружения пожара в j -м помещении.

Потенциальный ущерб от пожара с учетом ПС равен:

$$R_{\text{пож}}' = \sum_{j=1}^m r_j^{\text{пож}}. \quad (8)$$

Тогда общий риск для ресурсов ВУЗа, с учетом наличия средств безопасности, будет равен:

$$R_{\text{общ}}' = R_{\text{male}}' + R_{\text{пож}}'. \quad (9)$$

В качестве показателя эффективности применения КТСБ будем использовать показатель относительного риска, рассчитываемый по формуле:

$$\bar{R} = \frac{R_{\text{общ}}'}{R_{\text{исх}}}. \quad (10)$$

Рассмотрим принцип, как следует определять значения $P_{\text{обн}v}^j$ и $P_{\text{зад}z}^j$.

Преодолению периметральных рубежей препятствуют средства инженерной укреплённости (СИУ), элементы СКУД - организационные или технические. Характеристики данных рубежей приведены в табл. 1.

При преодолении пространств между периметральными рубежами, присутствие злоумышленника может быть выявлено за счет наличия определенных демаскирующих признаков (ДП). Именно на обнаружение демаскирующих признаков и направлены средства обнаружения, входящие в состав КТСБ (СРО - служба режима и охраны), и приведенные в табл. 2.

Таблица 1

Периметральные рубежи и их характеристики

№ и наименование периметрального рубежа	Технические средства задержки	Показатель эффективности
1. Периметр охраняемой территории	СИУ: ворота, заборы,	$P_{\text{зад1}}^{\text{ринж}}(\lambda)$
	СКУД: орг.меры	$P_{\text{зад1}}^{\text{орг}}$
	СКУД: шлагбаумы, турникеты на К1Ш	$P_{\text{зад1}}^{\text{тех}}$
2. Периметр здания	СИУ: двери, окна, решетки	$P_{\text{зад2}}^{\text{ринж}}(\lambda)$
	СКУД: орг.меры	$P_{\text{зад2}}^{\text{орг}}$
	СКУД: турникеты на входе в здание	$P_{\text{зад2}}^{\text{тех}}$
3. Периметр помещения	СИУ: Двери, окна, решетки	$P_{\text{зад3}}^{\text{ринж}}(\lambda)$
	СКУД: замки, считыватели	$P_{\text{зад3}}^{\text{тех}}$

Таблица 2

Средства обнаружения и их характеристики

№ и наименование пространства	Обнаруживаемые ДП	Средства обнаружения	Показатели эффективности
1. Охраняемая территория	Шум при преодолении преграды, движение	СРО	$P_{\text{обн1}}^{\text{СРО}}$
		СТН	$P_{\text{обн1}}^{\text{СТН}}$
2. Внутренний объем здания	Движение по зданию, шум при перемещении	СРО	$P_{\text{обн2}}^{\text{СРО}}$
		СТН	$P_{\text{обн2}}^{\text{СТН}}$
	Дым, повышенная температура	ПС	$P_{\text{обн2}}^{\text{пож}}$
3. Внутренний объем помещения	Открытие дверей, окон, разбитие стекол	ОС	$P_{\text{обн3}}^{\text{ОС}}$
	Движение в объеме помещения	ОС	$P_{\text{обн3}}^{\text{ОС}}$
		СТН	$P_{\text{обн3}}^{\text{СТН}}$
	Дым, повышенная температура	ПС	$P_{\text{обн3}}^{\text{пож}}$

Выводы. По результатам проведенного анализа можно сделать определенные выводы. На пути внешнего нарушителя встречаются технические и организационные средства, включаемые в состав различных подсистем КТСБ. Данный факт обуславливает комплексность применяемых мер, необходимость их одновременного функционирования. «Эффект резервирования» функций безопасности позволяет повысить вероятность того, что угроза будет в итоге парирована. Достоинством технических средств при этом является их непрерывная круглосуточная работа и отсутствие любых человеческих слабостей (лень, усталость, снижение внимания и т.д.). Таким образом, риск является показателем эффективности функционирования СОТУ.

**Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012 – 2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Егоров Д.Е., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Оптимизация распределения средств на предупреждение чрезвычайных ситуаций в высших учебных заведениях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 91–93.
- Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Системы управления рисками чрезвычайных ситуаций: монография. Белгород: ООО «Планета -Полиграф», 2010. 164с.
- Комплексная безопасность России - исследование, управление, опыт. Международный симпозиум сб. материалов. М: 2002. 398с.
- Кудрявцева, Р.Т., Волох, О.Л., Кайбышева, А.И. Оценка защищенности объекта информатизации с использованием методов экспертных оценок и нечеткой логики // Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Сб. материалов Междунар.

научно-техн. конференции. Пенза, 2005. С. 122–125.

5. Машкина, И.В., Гузаиров М.Б. Системный подход к анализу уровня защищенности в системах защиты информации // Безопасность информационных технологий. М.: МИФИ, №3. 2007. С. 58–64.

6. Politov M.S. Problems of security analysis of information systems // Proceedings of the Work-

shop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2005), Vol. 2, Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2005. 216–218 pp.

ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2006. 68 с.

Lisovsky V.A., Litvin M.V., Saponenko I.G., Shaptala V.V.

SOCIAL AND ECONOMIC EFFICIENCY ASSESSMENT OF NATURAL AND TECHNOGENIC SAFETY MANAGEMENT

The article analyzes the questions of managing the natural and technogenic safety of a higher educational institution; efficiency of such management; substantiation criteria of the security preventive measures: economic feasibility, time feasibility and sufficiency.

Key words: *safety, emergency situation, management, efficiency, economic effect, damage.*

Лисовский Вадим Анатольевич, заместитель начальника (по защите, мониторингу и предупреждению ЧС).
ГУ МЧС России по Белгородской области.
Адрес: Россия, 308015, Белгород, пр. Славы, д. 102.
E-mail: zchs@intbel.ru.

Литвин Марина Владимировна, заместитель начальника отдела госнадзора в области ГО и ЗНТ.
ГУ МЧС России по Белгородской области.
Адрес: Россия, 308015, Белгород, пр. Славы, д. 102.
E-mail: zchs@intbel.ru.

Сапоненко Ирина Геннадьевна, слушатель ФПК (заочного обучения).
Академия ГПС МЧС России.
Адрес: Россия, 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д.4.
E-mail: zchs@intbel.ru.

Шаптала Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: zchs@intbel.ru

*Ильичев И.Е., д-р техн. наук, проф.
Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина
Северин Н.Н., д-р пед. наук, проф.,
Нестерова Н.В., д-р техн. наук, проф.,
Степанова М.Н., канд. техн. наук, зав. лаб.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

zchs@intbel.ru

В статье проведен анализ математических методов исследований моделей угроз, показателей эффективности системы обеспечения комплексной безопасности, моделей систем комплексной безопасности.

Ключевые слова: *моделирование, комплексная безопасность, риск, модель, эффективность.*

Введение. Обеспечение комплексной безопасности образовательных учреждений высшего профессионального образования, т.е. их защита от внутренних и внешних угроз, представляет собой одну из форм инфраструктурного обслуживания, которая заключается в оказании соответствующих инфраструктурных услуг, предназначенных для снижения вероятности реализации направленных на упреждение угроз и/или на снижение величины ущерба в случае реализации этих угроз[1].

Уникальность услуг по обеспечению безопасности образовательных учреждений высшего профессионального образования заключается в том, что их качество определяет не только результаты основного процесса образовательных учреждений, но и, нередко, саму возможность ее существования. Недостаточная эффективность в предоставлении таких услуг может привести к нанесению образовательным учреждениям высшего профессионального образования значительного ущерба, в ряде случаев, превышающего общую стоимость активов данных образовательных учреждений, и тем самым поставить под вопрос саму возможность их дальнейшего функционирования[2].

На практике эффективность деятельности по обеспечению защиты образовательных учреждений высшего профессионального образования напрямую зависит от наличия максимально полной информации о состоянии ее внешней и внутренней среды. При этом определяется перечень объектов защиты, изучаются их особенности, выявляются существующие источники угрозы, связи между ними и объектами защиты, а также собирается иная информация, необходимая для оценки вероятности реализации направленных на образовательные учреждения угроз и ущерба в случае реализации этих угроз.

Весь объем работы по обеспечению комплексной безопасности образовательных учре-

ждений целесообразно разделить на ряд направлений, под которыми понимается деятельность по выявлению, предупреждению и предотвращению реализации определенной группы угроз, объединенной по общему источнику угрозы, объекту защиты или механизму реализации угрозы. Целесообразность подобного разделения обуславливается необходимостью наиболее эффективного распределения имеющихся сил и средств. Состав направлений обеспечения безопасности определяется с учетом особенностей внутренней и внешней среды образовательных учреждений, в том числе с учетом ресурсов, которые она способна выделить на услуги по обеспечению своей комплексной безопасности. В зависимости от специфики конкретного образовательного учреждения, те или иные направления могут иметь для нее особое значение, что, соответственно, обуславливает необходимость привлечения на эти направления большего объема сил и средств[3]. Значение конкретного направления для учреждения определяется, в первую очередь, величиной ущерба, который может быть ему нанесен, а также вероятностью нанесения этого ущерба.

Методология. В процессе работы был исследован системный подход, охватывающий методы обобщения и анализа факторов риска, аналитические исследования, методы математического моделирования.

Основная часть. Обеспечение эффективной безопасности предполагает решение проблем моделирования угроз, их количественной и качественной оценки с учетом сложности структурно-функционального построения системы безопасности, ее элементов, а также данных о внешних воздействиях естественного и искусственного происхождения.

Особое внимание следует уделять выбору математических методов исследования моделей угроз. При построении математической модели

необходимо учитывать, что угрозы безопасности носят вероятностный характер и имеют высокую степень априорной неопределенности.

При оценке угроз безопасности целесообразно использовать:

- теорию надежности для описания угроз, создаваемых техническими средствами (сбои, отказы, ошибки и т.д.);

- математическую статистику для описания естественных угроз (природные явления, стихийные бедствия и т.д.);

- теорию вероятностей для описания угроз, создаваемых людьми по невнимательности, небрежности, халатности и т.д.);

- экспертные методы для описания умышленных угроз.

Рассматривая основное назначение конкретной системы безопасности как борьбу с угрозами различного характера, возможно в качестве одного из комплексных критериев оценки эффективности СОКБ использовать количественный показатель, связанный с числом угроз, защиту от которых она может обеспечить.

Важным показателем эффективности СОКБ является вероятность пресечения злонамеренной акции нарушителей $P_{пер}$. Этот показатель – функция нескольких переменных – и определяется как произведение вероятностей выполнения каждой из основных составляющих системы защиты.

При определенных упрощениях и допущениях можно рассматривать показатель эффективности как вероятность перехвата нарушителей силами охраны – $P_{пер}$.

Показатель $P_{пер}$ способен дать ответ на вопрос: с какой вероятностью и при каких условиях силы охраны успевают перехватить вторгающегося на объект нарушителя до совершения им злонамеренной акции?

Оценка показателя $P_{пер}$ основана на сравнении времени действий нарушителя и сил охраны с учетом характеристик составных частей комплекса инженерно-технических средств охраны и осуществляется, как правило, с использованием ПЭВМ и специального программного и математического обеспечения. При этом учитываются прогнозируемые характеристики моделей угроз и исполнителей (нарушителей) угроз, вероятности обнаружения нарушителя с помощью технических средств, варианты тактики ответных действий сил охраны, временные параметры (время задержки продвижения нарушителя физическими барьерами, время реакции охраны и др.).

В складывающейся сегодня обстановке увеличения вероятности проведения террористических актов на объектах общественного, гражд-

данского назначения накопленный опыт и статистические данные должны учитываться при прогнозировании чрезвычайных ситуаций в вузах.

К основным характеристикам модели относятся:

- возможные каналы проникновения на объект;

- вероятные способы преодоления технических средств защиты (ТСЗ) и охраны (ТСО);

- информированность и подготовленность, численность и оснащенность нарушителей.

Уровень защищенности не может быть одинаковым для различных по назначению объектов, вследствие чего предлагается ввести их классификацию по группам. В качестве основного критерия в определении категории объекта здесь выступает вид и концентрация целей защиты.

Для каждого учебного заведения следует определить основные характеристики, влияющие на показатели его защищенности, в том числе:

- количество каналов и способов проникновения;

- количество рубежей защиты и охраны;

- вероятности обнаружения нарушителей техническими средствами, установленными на рубежах охраны, их надежность.

Зная модель несанкционированных действий нарушителем и основные характеристики защищенности вуза с помощью математических методов можно выбрать не только оптимальный состав ТСЗ и ТСО но и обосновать требования по времени задержания нарушителя для каждого уровня.

Главной целью использования моделей является формализация процедур оценок и анализа, снижение субъективности в оценках, ясное представление эффекта реализации конкретной комплексной системы безопасности.

Основной мерой безопасности является риск, который подразделяют на допустимый и недопустимый. При этом под риском понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, с учетом тяжести этого вреда. Применительно к системе физической защиты, в частности, риск может быть оценен по формуле [7]:

$$R_{ij} = P_{угр1} \times [1 - (P_{Пj} \times P_{Пi})] \times C, \quad (1)$$

$$R = \max(R_{ij}), \quad i = 1 \dots N, \quad j = 1 \dots M. \quad (2)$$

где R – риск от реализации любой из принятых угроз любым типом нарушителя, входящего в

модель; R_{ij} – риск от реализации 1-й угрозы j -м типом нарушителя из принятой модели; $P_{угр1}$ – вероятность реализации 1-й угрозы; $P_{Пj}$ – вероятность перехвата силами реагирования нарушителя j -го типа; $P_{Нj}$ – вероятность нейтрализации нарушителя j -го типа силами реагирования; C – значимость объекта (относительная величина, характеризующая важность объекта). Аналогичный подход может быть применен и к оценке риска СОКБ в целом. При этом представляется целесообразным произвести расчет частных рисков для различных видов угроз, которым противодействуют функциональные подсистемы, входящие в состав СОКБ. При интегральной оценке риска, естественно, должны быть учтены факторы взаимного влияния. Например, весьма вероятным событием при реализации террористического акта с применением взрывчатого вещества можно назвать в числе прочих пожар.

Вывод: Разработка методики расчета интегрального риска является сложной и трудоемкой задачей, требующей обработки больших массивов информации с применением современных методов математического и компьютерного моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. М.: ФИД «Деловой экспресс», 2000. 248с.
2. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н. Концепция обеспечения безопасности высших учебных заведений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3. С. 127–129.
3. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н., Ветрова Ю.В. Основные положения обеспечения безопасности учреждений высшего профессионального образования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 186–187.
4. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Шульженко В.Н., Добровольский В.С., Овечкин А.Н. Комплексная безопасность высших учебных заведений: монография. Петербург: Изд-во «Инфо-да», 2008. 120с.
5. Акимов В.А., Кузьмин И.И. Управление рисками катастроф как необходимое условие развития России // Управление риском. 1997. №3. С. 11–21.
6. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Методологические основы моделирования систем обеспечения комплексной безопасностью вузов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 3. С. 64–66.
7. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В., Ветрова Ю.В., Шаптала В.Г. Оценка риска чрезвычайных ситуаций природного, техногенного характера и пожаров: уч. пос. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 116 с.

Pyichev I.E., Severin N.N., Nesterova N.V., Stepanova M.N.

MATHEMATICAL MODELLING IN THE SPHERE OF INTEGRATED SAFETY

The article analyzes mathematical models of researching threat models, efficiency factors of integrated safety and security systems, integrated safety and security systems models.

Key words: *modelling, integrated safety and security, risk, model, efficiency.*

Ильичев Игорь Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры государственно-правовых дисциплин.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.

Северин Николай Николаевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

Нестерова Надежда Викторовна, доктор технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

Степанова Мария Николаевна, кандидат технических наук, зав. лаб. кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru.

*Бондарь Ю.В., ст. препод.,
Степанова М.Н., канд. техн. наук, зав. лаб.,
Гревцев М.В., аспирант,
Павленко А.В., аспирант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ РИСКОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ*

zchs@intbel.ru

В статье проанализированы угрозы в отношении помещений высшего учебного заведения, угрозы безопасности людских ресурсов, угрозы информационным ресурсам, а также выделены модели нарушителя. Проведен анализ риска в высших учебных заведениях

Ключевые слова: угроза, риск, безопасность, модель злоумышленника, алгоритм, метод.

Введение. Проблема обеспечения безопасности каждого человека, любой страны, всего мирового сообщества является насущной, важнейшей потребностью современности, ибо речь идет о благополучном разрешении кризисной ситуации, об обеспечении выживания цивилизации и создании условий для ее дальнейшего устойчивого развития [1].

Решение этой сложнейшей проблемы требует объединения усилий всего мирового сообщества, всех международных организаций, каждого государства и, конечно, мировой науки и техники.

Для того чтобы обеспечить безопасность объекта защиты, нужно уметь противостоять угрожающим ему опасностям. В связи с этим при анализе проблемы безопасности любого объекта используются два основных понятия – «опасность» и «безопасность», которые нуждаются в соответствующих определениях (хотя, казалось бы, очевидно, что безопасность означает просто отсутствие всякой опасности) [2].

Эти два понятия в определенной степени связывает третье понятие – «риск», вокруг которого в последние десятилетия ведется оживленная полемика. Таким образом, в активно формирующейся в настоящее время теории риска и безопасности можно выделить основную триаду понятий: «Опасность – риск – безопасность» [3].

Методология. В процессе работы был использован системный подход, охватывающий методы обобщения и анализа факторов риска и методы математического моделирования.

Основная часть. На стадии концептуальной проработки вопросов безопасности вуза осуществляется рассмотрение общего состава потенциальных угроз. Определение и прогнозирование возможных угроз и осознание их опасности необходимы для обоснования, выбора и реализации защитных мероприятий, адекватных этим угрозам.

Для выделенных типов ресурсов характерны свои наборы воздействующих угроз (рис. 1).

Источник угрозы может иметь как внутреннюю, так и внешнюю локализацию. Различают также случайные угрозы (пожары, аварии, непреднамеренная порча или уничтожение имущества) и преднамеренные угрозы (у источника угрозы – человека – есть мотив).

Угрозы в отношении помещений, зданий и материальных ресурсов проявляются как:

- хулиганские действия – повреждение и (или) уничтожение входных дверей, решеток, ограждений, оборудования, мебели, а также транспортных средств (личных и служебных);
- террористические акты или попытки их совершения;
- взрывы, пожары.
- кражи;
- хищение финансовых средств.

В общем плане к угрозам безопасности людских ресурсов относятся:

- хулиганские действия;
- террористические акты или попытки их совершения;
- взрывы, пожары.

Угрозы информационным ресурсам проявляются в виде:

- утечки информации ограниченного доступа через технические средства различного характера и исполнения;
- несанкционированного доступа к охраняемым сведениям;
- повреждения и (или) уничтожения носителей.

Осуществление угроз информационным ресурсам в электронном виде может быть произведено путем:

- несанкционированного доступа и съема информации ограниченного доступа;
- перехвата информации, циркулирующей в средствах и системах связи и вычислительной техники, несанкционированного доступа к ин-

формации и преднамеренных программно-математических воздействий на нее в процессе обработки и хранения.



Рис. 1. Таксономия угроз ресурсам вуза

Каждая из угроз может осуществляться нарушителем, поведение которого может быть описано одной из возможных моделей. Модель злоумышленника – это вербальное описание, включающее тип злоумышленника, его навыки по преодолению средств защиты и ограждающих конструкций, мотивацию. В случае вуза можно выделить следующие модели злоумышленника [4]:

1. Террорист.
2. Опытный вор.
3. Случайный посетитель.
4. Студент.
5. Сотрудник.

Указанные модели можно также разделить на два класса: внешнего и внутреннего нарушителя.

Для характеристики угроз используется свойство $threat_prob$ (вероятность возникновения), а для характеристики злоумышленников –

$malefactor_prob$ (вероятность столкновения с определенным типом).

Вероятность угрозы, в связи с отсутствием какой-либо адекватной статистики по кражам, хищениям, порче имущества вузов, будет определяться экспертным путем [5]. *Субъективная вероятность* – это степень уверенности ЛПР в том, что событие произойдет. Вероятность возникновения угроз будет определяться экспертами с использованием подхода, предложенного в [6].

Следует отметить, что такие угрозы, как пожар и теракт, могут иметь весьма малую вероятность, однако их возникновение может приводить к ощутимым людским и материальным потерям.

Для того чтобы обоснованно определить архитектуру КТСБ и обоснованно выдвинуть требования к его составу, необходимо оценить риск от воздействия угроз и определить наиболее уязвимые ресурсы. *Риск* – это потенциаль-

ный ущерб от реализации воздействия угроз на объект обеспечения безопасности. Анализ риска позволяет определить уязвимые места объекта защиты, возможные потери и меры противодействия им.

Одним из наиболее распространенных методов оценки риска является метод, основанный на модели системы «с полным перекрытием», представляющей собой триаду «угрозы – средства защиты – ресурсы» в виде трехдольного графа [7]. Удобство данной модели – возможность введения и анализа количественных мер уязвимости (вероятность преодоления средств защиты, ущерб от реализации угроз) на основе взвешивания вершин и ребер графа. Рассмотрим подробнее процесс анализа риска на основе данной математической модели. В общем виде модель нейтрализации угроз при наличии средств безопасности выглядит следующим образом «Угрозы – барьеры – ресурсы».

Введем некоторые изменения в данную модель. Для упрощения анализа будем рассматривать не отдельные материальные, информационные и людские ресурсы, а их совокупности – составные ресурсы-помещения.

Разработаем алгоритм анализа риска для ресурсов вуза при отсутствии каких-либо средств обнаружения и задержки (кроме простейших – окон и дверей). Первым шагом при проведении анализа риска ресурсам ВУЗа является расчет вероятности существования угрозы. При анализе риска ресурсам ВУЗа рассматриваются минимум 5 моделей злоумышленника. Обозначим множество типов злоумышленника как $D = \{d_k\}$. Вероятность столкновения с определенным типом злоумышленника определяется распределением вероятностей $P(d_k) = \{P_{d_k}\}$. Найдем общий риск для ресурсов вуза от всех типов злоумышленника P_{male} .

Злоумышленник определенного типа при воздействии на объект защиты может реализовывать одну из угроз множества $Q^k = \{q_i\}$. Вероятность выбора злоумышленником той или иной угрозы определяется распределением вероятностей $P^k(q_i) = \{p_i^k\}$ [8].

Для каждого из типов злоумышленника значения вероятности выбора одной и той же угрозы различны, то есть можно выделить подмножество угроз, характерных для определенного типа злоумышленника:

$$Q^k = \{q_i, p_i^k \geq p_k'\}, \quad (1)$$

где p_k' – заданная для k -го типа злоумышленника граница вероятности.

Для этого достаточно назначить экспертно для каждой из угроз определенного типа злоумышленника, затем проранжировать эти значе-

ния и определить границу характерности p_k' . В простейшем случае, в качестве характерной можно выделить единственную угрозу, обладающую максимальной вероятностью из множества Q^k :

$$P_i^k = \max P^k(q_i). \quad (2)$$

Риск от воздействия i -й угрозы, характерной для злоумышленника d_k , на определенное ресурс-помещение L_j будет рассчитываться следующим образом:

$$r_{ij}^k = p_i^k \cdot P_{np}^j \cdot C_{Lj}, \quad (3)$$

где p_i^k – вероятность реализации k -м типом злоумышленника угрозы q_i ; P_{np}^j – вероятность проникновения в помещение; C_{Lj} – суммарная стоимость ресурсов помещения L_j .

Риск от угроз, реализуемых k -м типом злоумышленника в отношении j -го помещения рассчитывается по формуле:

$$r_j^k = \sum_i r_{ij}^k. \quad (4)$$

При анализе риска от воздействия внешнего нарушителя в отсутствие каких-либо средств обеспечения безопасности, вероятность проникновения в помещение будет зависеть от устойчивости физических барьеров (окон, решеток, дверей), которые злоумышленник встречает на своем пути. На каждом рубеже угрозы, реализуемые тем или иным типом злоумышленника, будут ослабляться с учетом устойчивости барьера. В качестве основной характеристики защитных барьеров используется интенсивность $\lambda_{i,j}$ событий преодоления барьера – двери или окна – при переходе из i -го в j -й элемент, определяемая по формуле:

$$\lambda_{i,j} = \frac{1}{T_{i,j}}, \quad (5)$$

где $T_{i,j}$ – время преодоления барьера, мин.

Время преодоления барьера определяется экспертным путем или на основе нормативных документов.

Риск для ресурсов j -го помещения от столкновения со всеми типами злоумышленников будет равен:

$$r_j = \sum_{k=1}^5 r_j^k \cdot P_{d_k}. \quad (6)$$

Для того чтобы найти суммарный риск от действий злоумышленников всех типов (Дтак) используется формула:

$$R_{male} = \sum_{j=1}^m r_j, \quad (7)$$

где m – общее количество защищаемых помещений.

Для каждого из помещений полученное значение риска сравнивается с допустимым значением риска $r_{дон}$, которое назначается, исходя из индивидуальных особенностей объекта.

Выводы. Если рассчитанное значение риска превышает ограничение, то для обеспечения безопасности ресурсов данного помещения используются соответствующие средства и меры безопасности. Таким образом формируется архитектура комплекса технических средств безопасности.

**Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012 – 2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Шульженко В.Н., Добровольский В.С., Овечкин А.Н. Комплексная безопасность высших учебных заведений: монография. Петербург: Изд-во «Инфо - да», 2008. 120с.
2. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Характеристика внутренних опасностей и унроз образовательных учреждений высшего профессионального образования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3м. С. 124–126.
3. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Предупреждение риска террористических акций в области техносферы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 141–142.
4. Васильев, В. И., Иванова, Т. А. Разработка методологических основ создания и внедрения комплексной системы безопасности вуза // Вестник УГАТУ, №2(18), 2006. С. 40–42.
5. Литвак, Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений. М. :Патент, 1996. 271 с.
6. Герасименко, В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. В 2-х кн.: Кн. 1. М.: Энергоатомиздат, 1994. 400 с.
7. Хоффман, Л.Дж. Современные методы защиты информации. М.:Сов.радио, 1980. 264 с.
8. Арьков, П.А. Исследование оптимальности проекта системы защиты информации на игровой модели // Материалы X Международной научно-практической конференции «Информационная безопасность». Ч. 1. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. С. 33–34.

Bondar Yu.V., Stepanova M.N., Grevtsev M.V., Pavlenko A.V.

ANALYZING RISKS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

The article analyzes hazards in higher education institutions premises, security hazards for human resources, hazards for informational resources, and singles out the threat actor models. The analysis of risks in higher education institutions has been carried out.

Key words: hazard, risk, safety, threat actor model, algorithm, method.

Бондарь Юрий Васильевич, старший преподаватель кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: zchs@intbel.ru.

Степанова Мария Николаевна, кандидат технических наук, зав. лаб. кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: zchs@intbel.ru.

Гревцев Максим Валерьевич, аспирант кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: zchs@intbel.ru.

Павленко Алексей Вячеславович, аспирант кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: zchs@intbel.ru.

Нестерова Н.В., д-р техн. наук, проф.,

Кеменов С.А. доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Кутергин Н.Б., канд. пед. наук, доц.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ*

zchs@intbel.ru

В статье проведен анализ особенностей технических средств безопасности как составной части системы комплексной безопасности. Приведены достоинства и недостатки математических методов анализа технических средств безопасности, таких как детерминированный подход, логико-вероятностное моделирование, имитационное моделирование.

Ключевые слова: анализ, безопасность, технические средства, комплексная безопасность, эффективность, метод.

Введение. Эффективность систем оценивается с помощью показателей эффективности. При этом в отношении сложных человеко-машинных систем предпочтительнее использование термина «показатель эффективности функционирования», который характеризует степень соответствия оцениваемой системы своему назначению [1].

Показатели эффективности функционирования могут носить количественный или качественный характер. Во многих случаях оценок бинарного типа (соответствует / не соответствует требованиям) вполне достаточно, чтобы ответить на вопрос, насколько защищен объект. Однако, количественные методы более приемлемы. Могут применяться вероятностные показатели эффективности, такие как **безопасность информации** [2], вероятность выполнения задачи системой, вероятность преодоления защитных барьеров за время t и т.д. [3]. Показатели эффективности могут носить стоимостной характер: стоимость создания, внедрения, поддержки СКБ; затраты на восстановление нормальной работы после реализации угрозы и т.д.

Система безопасности представляет собой сбалансированную совокупность элементов обнаружения нарушителя, задержки продвижения нарушителя по пути следования, а также элементов реагирования сил охраны на действия нарушителя.

Методология. При работе использовались методы системного анализа, теории вероятности, теории принятия решений, методы оптимизации, методы математического и имитационного моделирования.

Основная часть. Рассмотрим подходы к оценке эффективности комплексов технических средств безопасности (КТСБ), приведенные в современной литературе.

В [4] под эффективностью системы охраны понимается вероятность обнаружения нарушителя в критической точке. Критической при этом считается точка, в которой время, необходимое для прибытия сил реагирования для перехвата нарушителя, несколько меньше, чем время, необходимое для совершения нарушителем действий, угрожающих объекту охраны. Нарушитель при движении к предмету охраны встречается на своем пути, как различные **средства обнаружения**, так и **средства задержки**. Для вычисления эффективности КТСБ P_{Π} используется выражение:

$$P_{\Pi} = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_{\text{обн}i}), \quad (1)$$

где k – количество технических средств, которые необходимо преодолеть нарушителю до критической точки; $P_{\text{обн}i}$ – вероятность обнаружения несанкционированного преодоления i -м техническим средством.

Также необходимо учитывать исход боевого столкновения сил охраны и нарушителя, который оценивается вероятностью нейтрализации нарушителя $P_{\text{н}}$. Тогда эффективность системы охраны будет определяться выражением:

$$P_0 = P_{\Pi} \cdot P_{\text{н}}. \quad (2)$$

Таким образом, наиболее значимыми параметрами для технических средств являются **вероятность обнаружения нарушителя и время его задержки**. Данные параметры оцениваются экспертно, что неизбежно вносит в методику оценки эффективности КТСБ существенную долю субъективизма.

Несколько иной подход к оценке эффективности системы физической защиты (СФЗ) объекта описан в [5]. Здесь СФЗ объекта характеризуется двумя группами функций:

- *пассивная* – определяет способность системы обнаруживать несанкционированное вторжение и оценивать его масштаб в любых условиях обстановки (эта функция оценивается вероятностно-временными показателями);

- *активная* – определяет способность системы пресекать действия нарушителя по нанесению ущерба объекту и охраняемым целям в любых условиях обстановки (оценивается также вероятностно-временными параметрами, но дополнительно используется модель боя).

Соответственно коэффициент эффективности КСБ $K_{КСБ}$ характеризует пассивную функцию: учитывает количество рубежей сигнализации, способы установки извещателей, сроки эксплуатации технических средств обнаружения, уровень подготовки нарушителя по обходу данных средств.

Функция обнаружения факта вторжения определяется в пространстве и оценивается вероятностью обнаружения $P_{обн}$. В статье [5] делается предположение, что функция обнаружения есть непрерывная функция на участке пространства от точки старта нарушителя до цели защиты. Также приведены численные значения вероятности обнаружения сигнализационными рубежами периметра, зависящие от количества рубежей, тактики их обхода нарушителем, способа установки извещателей и т.д. Расчет данных вероятностей проведен для комбинации технических средств обнаружения периметра «трибокабель-РЛД».

Система охранной сигнализации периметра обнаруживает факт вторжения. Чтобы оценить масштабы вторжения, необходимо проанализировать информацию, поступающую от камер СТН. Вероятность фиксации события вторжения оператором СТН определяется выражением:

$$P_{фикс} = P_t \cdot K_{осл} \cdot K_{мон} \cdot K_{сот} \quad (3)$$

где P_t – вероятность достоверной оценки масштабов вторжения оператором СТН в зависимости от времени суток; $K_{осл}$ – коэффициент ослабления внимания оператора в зависимости от количества видеоканалов; $K_{мон}$ – коэффи-

циент межкадровой паузы на мониторе при работе мультиплексоров; $K_{сот}$ – коэффициент относительной плотности охвата маршрута движения нарушителя.

Вероятность принятия решения оператором определяется по формуле:

$$P_{реш} = 0,95 \cdot P_{обн} \cdot P_{фикс} \quad (4)$$

С учетом наличия вероятностей обнаружения нарушителей и определения масштаба вторжения для каждой цели и каждой точки старта нарушителей можно определить значение $K_{КСБ}$, равное вероятности принятия решения $P_{реш}$. Для каждой цели и каждой точки старта нарушителей строится матрица эффективности КСБ, элементами которой являются значения $K_{КСБ}$. Для каждой цели защиты вычисляется приемлемый уровень $K_{КСБ}$. Для траекторий движения нарушителя с меньшими значениями $K_{КСБ}$ формируются предложения по замене/установке средств обнаружения/задержки.

Описанная методика обладает определенными достоинствами:

- эффективность КСБ оценивается «адресно», что позволяет определять наиболее уязвимые места системы безопасности;

- учет человеческого фактора при анализе вторжения.

К недостаткам следует причислить неясность в оценке значений $P_{обн}$ – скорее всего, для этой цели привлекаются эксперты, что вносит субъективизм. Также в случае, если целей защиты довольно много, оценка эффективности будет очень трудоемкой и потребует больших затрат времени. Еще один подход к анализу эффективности КТСБ приведен в работе [6]. Здесь рассматривается «функциональная эффективность» системы комплексной безопасности (СКБ). Под этим термином понимается критерий степени соответствия СКБ своему предназначению, численное значение которого равно показателю эффективности P и может быть представлено выражением:

$$P = Wx \cdot Pmax = Oox \cdot Ddx \cdot Uux \cdot Ssx \cdot Nnx \cdot Pmax \geq Ptz \quad (5)$$

где $Pmax$ – максимально возможное значение функциональной эффективности СКБ. В качестве такого показателя чаще всего используется вероятность обнаружения правонарушителя либо вероятность предотвращения его действий, составляет 0,9...0,95; Ptz – задаваемое в техническом задании значение функциональной эф-

фективности, составляет 0,8...0,9; Uu – требуемая функциональная устойчивость СКБ в целом, с учетом важности свойства устойчивости технической системы безопасности (ТСБ) для СКБ; Oo – требуемая оперативность управления функционированием СКБ в целом; Nn – требуемая непрерывность функционирования СКБ в

целом; S_s – требуемая скрытность функционирования СКВ в целом; D_d – требуемая достоверность используемой СКВ информации.

Приведенное выражение отражает физический смысл критерия информационной эффективности как меры снижения потенциально достижимого значения функциональной эффективности P_{\max} за счет влияния реальных факторов функционирования с учетом индексов инвариантности информационных свойств ТСБ в составе СКБ.

При оценке устойчивости функционирования ТСБ особое внимание уделяется таким характеристикам, как надежность, живучесть, помехоустойчивость. В качестве параметров, определяющих надежность ТСБ, могут использоваться: коэффициент готовности, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа системы.

Достоинством приведенного подхода является учет таких факторов, как надежность оборудования безопасности, различные характеристики информационного обеспечения (например, достоверность), оперативность управления ТСБ и т.д. Перечисленные факторы взвешенно влияют на эффективность ТСБ. К недостаткам следует отнести сложность определения численных значений влияющих факторов, а также неясность в определении значений P_{\max} , P_{tz} и P .

Для того чтобы сравнить варианты построения КТСБ по их эффективности, необходимо задать некоторое правило предпочтения. Такое правило или соотношение, основанное на использовании показателей эффективности, называют *критерием эффективности* [7]. Для получения критерия эффективности при использовании некоторого множества показателей используют ряд подходов [8].

1. Выбирается один **главный показатель**, и оптимальной считается система, для которой этот показатель достигает экстремума, при условии, что остальные показатели удовлетворяют системе ограничений, заданных в виде неравенств. Это критерии типа «эффект-затраты», позволяющие оценивать достижение целей функционирования КСБ при заданных затратах. Например, оптимальной может считаться система, удовлетворяющая следующему критерию эффективности:

$$P_{\text{нп}} = P^*, \text{ при } C < C_{\text{зад}},$$

где $P_{\text{нп}}$ – вероятность преодоления злоумышленником системы защиты за определенное время; P^* – заданное значение данной вероятности; C – стоимостные показатели, которые не

должны превышать заданных (допустимых) значений $C_{\text{зад}}$.

2. Методы, основанные на **ранжировании показателей по важности**. При сравнении систем одноименные показатели эффективности сопоставляются в порядке убывания их важности по определенным алгоритмам.

Примерами таких методов могут служить лексикографический метод и метод последовательных уступок. **Лексикографический метод** применим, если степень различия показателей по важности велика. Две системы сравниваются сначала по наиболее важному показателю. Оптимальной считается такая система, у которой лучше этот показатель. При равенстве самых важных показателей сравниваются показатели, занимающие по рангу вторую позицию. При равенстве и этих показателей сравнение продолжается до получения предпочтения в i -м показателе.

Метод последовательных уступок предполагает оптимизацию системы по наиболее важному показателю Y_i . Определяется допустимая величина изменения показателя ΔY , которая называется уступкой. Измененная величина показателя $Y'_i = Y_j \pm \Delta Y$ – величина уступки фиксируется. Определяется оптимальная величина показателя Y_2 при фиксированном значении Y'_i , выбирается уступка ΔY_2 и процесс повторяется до получения Y_k .

3. **Мультипликативные и аддитивные методы** получения критериев эффективности основываются на объединении всех или части показателей с помощью операций умножения или сложения в обобщенные показатели ($Z_{\text{п}}$, $Z_{\text{с}}$). Показатели ($y_i, \dots, y_{\text{п}}$), используемые в обобщенных показателях, называют частными.

Если в произведение (сумму) включается часть показателей, то остальные частные показатели включаются в ограничения. Показатели, образующие произведение (сумму), могут иметь весовые коэффициенты k .

4. Оценка эффективности КСБ может осуществляться также **методом Парето-оптимизации**. Сущность метода заключается в следующем. При использовании n показателей эффективности системе соответствует точка в n -мерном пространстве. В n -мерном пространстве строится область Парето-оптимальных решений. В этой области располагаются несравнимые решения, для которых улучшение (какого-либо) показателя невозможно без ухудшения других показателей эффективности. Выбор наилучшего решения из числа Парето-оптимальных может осуществляться по различным правилам.

В общем случае, к критерию эффективности должны предъявляться следующие требования:

- *Объективность* – «прозрачность» математической модели и объективность оценок;
- *Представительность* – отражение всех значимых сторон функционирования КСБ;
- *Чувствительность инструмента оценки* – выходной результат должен отражать варьирование входных данных в заданных пределах;
- *Интерпретируемость* – простая и удобная форма, пригодная для заключения об эффективности системы на основе данного критерия.

Следует четко различать две постановки задачи оценки эффективности: выбор наиболее рационального варианта построения системы из нескольких вариантов (**задача анализа**) и оптимизация параметров системы, то есть назначение некоего набора оптимальных характеристик системы как исходных данных для проектирования (**задача синтеза**) [9].

Конечной целью оценки эффективности КСБ является оптимизация состава технических средств безопасности. Оптимизация заключается в поиске наивыгоднейшего (максимального или минимального) значения критерия эффективности. При этом следует учитывать не только эффективность совокупности технических средств, но и стоимость проектного решения. А это два показателя, находящиеся в обратной зависимости друг к другу. Чем больше эффективность предлагаемого решения, тем выше будет и его стоимость. Таким образом, задача оптимизации может формулироваться двумя способами:

- 1) минимизация затрат при достижении заданной эффективности функционирования КСБ;
- 2) максимизация эффективности при ограниченных затратах на создание КСБ.

Возможно нахождение экстремума агрегированного критерия вида «эффективность/затраты». Однако приведенные постановки задачи оптимизации, в отличие от агрегированного показателя, способны учитывать ожидания заказчика КСБ. Если объект защиты имеет весьма существенное значение (опасное производство, военный объект и т.д.), то целью построения его системы безопасности будет обеспечение максимальной эффективности данной системы, независимо от стоимости итогового технического решения. По-другому будет обстоит вопрос создания системы безопасности вуза. В условиях недостаточного финансирования, денежные ресурсы, выделяемые на создание его системы безопасности, будут экономиться, при условии обеспечения необходимого

и достаточного уровня защищенности объекта безопасности.

Вывод. Таким образом, одной из существенных задач, решаемых при создании системы безопасности вуза, является экономическое обоснование внедрения подобной системы, основанное на сравнении предотвращаемого с помощью данной системы ущерба и стоимости самой системы.

* Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012 – 2016 годы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Завгородний В.И. Комплексная защита информации в компьютерных системах: уч. пос. М.: Логос, 2001. 264 с.
2. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Системы информационной поддержки принятия управленческих решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций органами управления ВУЗа // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 91–93.
3. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н. Концепция обеспечения безопасности высших учебных заведений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3м. С. 127–129.
4. Соколов Е.Е. Подходы к созданию интегрированной системы охраны. Системы безопасности. №4. 2005. С. 98–101.
5. Петров, Н.В., Титков, С.Б. Задачи построения систем физической защиты. Оценка эффективности СФЗ. Защита информации. IN-SIDE. №1, 2006. С. 58–67.
6. Алексеев А.В., Фролов А.А. Устойчивость функционирования СКВ крупных компаний. Основные факторы и меры по обеспечению. Системы безопасности. №5. 2005. С. 56–59.
7. Завгородний В.И. Комплексная защита информации в компьютерных системах: Учебное пособие. М.: Логос, 2001. 264 с.
8. Startseva E.B., Yangurazova N.R. Creation of algorithm for solving multicriterion problems. Proceedings of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2005), Vol. 2, Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2005. pp. 57–60
9. Панин О.А. Анализ эффективности интегрированных систем безопасности: принципы, критерии, методы. Системы безопасности. №2. 2006. С. 60–62.

Nesterova N.V., Kemenov S.A., Kutergin N.B.

MATHEMATICAL METHODS OF ANALYZING THE EFFICIENCY OF SAFETY AND SECURITY TECHNICAL FACILITIES

The article presents the analysis of peculiarities of safety technical facilities as a component of an integrated safety and security system. The advantages and disadvantages of mathematical methods of analyzing safety technical facilities, such as deterministic approach, logical-and-probabilistic modeling, simulation modeling, are presented.

Key words: *analysis, safety, technical facilities, integrated safety and security, efficiency, method.*

Нестерова Надежда Викторовна, доктор технических наук, профессор защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru.

Кеменов Сергей Анатольевич, доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru

Кутергин Николай Борисович, кандидат педагогических наук, доцент преподаватель кафедры физического воспитания.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.

E-mail: zchs@intbel.ru.

*Литвин М.В., зам. нач. отдела госнадзора в области ГО и ЗНТ,
Лукьянов Ю.Н., начальник ОНД Белгородского района
ГУ МЧС России по Белгородской области
Радоуцкий В.Ю. канд. техн. наук, проф.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ НАДЗОРНЫМИ ОРГАНАМИ МЧС РОССИИ*

zchs@intbel.ru

В статье проведено анкетирование сотрудников надзорной деятельности и рассмотрены вопросы применения автоматизированной информационной системы сбора информации в управлении надзорной деятельностью, что позволяет совершенствовать работу управления надзорной деятельностью, ориентации её на решение проблем, на выявление возможностей, недостатков, узких мест в процессе сбора, переработки информации и принятия решений.

***Ключевые слова:** инспектор, управление, пожарная безопасность, надзорная деятельность, информационная система, методология, организация.*

Введение. Государственный надзор в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в области гражданской обороны и пожарной безопасности осуществляется в соответствии с задачами, возложенную на единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в целях проверки полноты выполнения мероприятий по гражданской обороне, пожарной безопасности, по предупреждению чрезвычайных ситуаций и готовности должностных лиц, сил и средств к действиям в случае их возникновения [1].

Органам государственного надзора являются Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) и его территориальные органы [2].

Единая система надзора в области ПБ, ГО и ЗНиТ от чрезвычайных ситуаций созданная в МЧС России с целью наиболее эффективной защиты интересов личности, общества и государства от пожаров, чрезвычайных ситуаций, а так же опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

В единую систему надзоров МЧС России включены [3]:

- Государственный пожарный надзор;
- Государственный надзор в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- Государственный надзор в области гражданской обороны;
- Экспертные структуры.

Основными принципами деятельности указанных органов являются:

- главенство законности при исполнении возложенных обязанностей и реализации предоставленных прав;
- доступность информации и гласность при отсутствии надзорной деятельности;
- уважение и соблюдение прав и свобод человека и гражданина;
- единоначалие, подчинение нижестоящих надзорных органов вышестоящим.

Предметом надзора в области Гражданской Обороны (ГО), защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЗНТЧС) и пожарной безопасности является соблюдения на объектах надзора специальных условий (правил) в указанных объектах надзора.

Методология. При работе были использованы методы анализа и обобщения результатов ранее выполненных научных исследований в области системного анализа и информационных технологий.

Основная часть. Системный подход – это, прежде всего, общенаучный метод анализа всех факторов, кроме того, данный подход, представляет возможным использования идей в интеграции методов и приемов, сопряженных с принятием решений, направленных на реорганизацию процесса надзорной деятельности сотрудниками ГПС МЧС России.

Основой применения системного подхода, по мнению многих исследователей, могут стать следующие концептуальные положения:

- профессиональная деятельность сотрудника надзорных органов МЧС носит системный, системообразующим элементом которой является цель;
- структуру профессиональной деятельности составляют следующие элементы: мотив,

потребность, цель, действие, условия деятельности, контроль и коррекция;

- процесс профессионального становления сотрудника надзорных органов МЧС образует структура обучающей деятельности как единство двух противоположных видов деятельности;

- системный подход правомерно следует трактовать именно как системный, то есть интегративно-конвергенциальный, который представляет собой систему подходов [4];

- системный подход базируется на общей теории систем как способ мышления по отношению к организации и управлению, как специфический подход к изучению объектов, явлений и процессов большой степени сложности, в которой реализуются принципы целостного рассмотрения явления и процессов во всей сложности, взаимосвязи и взаимообусловленности их развития.

Это позволяет провести, комплексный всесторонний анализ состояния системы (организации) и её соответствие обстановки. При этом, исходя из содержания системы (организации) как совокупности функционально связанных элементов (подразделений), определяющих характер её деятельности, наиболее часто системный подход комплексирован с процессным и ситуационными подходами.

В настоящее время в большинстве случаев системный подход считается универсальной методологией исследования. Он получил широкое распространение в современной теории и практике управления организацией [5].

Авторами было проведено анкетирование сотрудников надзорной деятельности по вопросам оказания влияния деятельности надзорных органов внутри системы и воздействие (взаимодействие) с внешней средой, а так же использование специального программного обеспечения СПО ИАП в работе сотрудников.

Результаты анкетирования показали что, в связи с автоматизацией систем управления необходимо проводить дополнительное обучение сотрудников надзорной деятельности по работе с данной программой. Опрос об упрощении функций надзора с помощью автоматизированного специального программного обеспечения исполнения административных процедур (СПО ИАП) [6] показал, что 50 % сотрудников согласились с упрощением исполнения функций, 25 % указали на то что данное программное обеспечение не упрощает исполнение функций и 25 % - указали на то, что создаёт дополнительные трудности. Для решения данного вопроса в первую очередь необходимо обратить внимание на техническое оснащение структур-

ных подразделений надзорной деятельности и обеспечение их безопасным интернетом (интранет).

Специальное программное обеспечение СПО ИАП является подсистемой единой системы сбора и анализа информации о состоянии безопасности на объектах защиты по результатам надзорной деятельности органов государственного надзора МЧС на территории Российской Федерации – Межведомственной Системы « АИС ЭЛЕКТРОННЫЙ ИНСПЕКТОР МЧС». СПО ИАП устанавливается на территориальном и субъектовом уровнях Системы «АИС ЭЛЕКТРОННЫЙ ИНСПЕКТОР МЧС» в едином информационном пространстве органов государственного надзора МЧС России. Система WEB приложение «ЭЛЕКТРОННЫЙ ИНСПЕКТОР МЧС» в едином информационном пространстве органов государственного надзора МЧС России на федеральном уровне.

СПО ИАП предназначена для ведения базы данных (БД) электронных контрольно наблюдательных дел (ЭКНД) объектов надзора территориальных подразделений ОНД субъектов РФ, планирования деятельности ОНД, исполнения административных процедур (далее - АП ГПН) по осуществлению Федерального надзора пожарной безопасности (далее – ГПН), государственных надзоров гражданской обороны (далее – ГНГО) и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера (далее – ГНЗНТЧС). Автоматически формируются электронные журналы Административных регламентов ГПН, ГНГО и ГНЗНТЧС: «Журнал учета проверок», «Журнал учета объектов надзора» и статистические и аналитические отчеты по надзорной деятельности инспекторского состава ОНД в области ГПН, ГНГО и ГНЗНТЧС.

В программе СПО ИАП инспекторский состав ОНД ведет БД ЭКНД объектов надзора, которые закреплены за ОНД. Инспектора отмечают где, когда и какие мероприятия по контролю проведены, какие недостатки были выявлены и какие меры профилактики предприняты, как выполняются ранее выписанные предписания, какие Административные процедуры были проведены органами ОНД. По результатам проверок ГИ формируют карточки основных данных безопасности объекта надзора, какие средства противопожарной защиты установлены или должны быть установлены на объекте, вводят информацию о состоянии защитных сооружений ГО, имуществе ГО.

Выходные документы – стандартизированы и используют для формирования текстовой редактор MsWord и MsExcel, со всеми их возмож-

ностями. Процессы подготовки выходных документов СПО ИАП максимально автоматизированы, используют информационно-справочную систему нормативных документов по пожарной безопасности НСИС (ВНИИПО), программно-аппаратный комплекс ПАК ГПН и модуль СПО ИАП «Библиотека нормативных документов ГО и ЧС.

Автоматически формируются электронные журналы Административного регламента «Журнал учета мероприятий по надзору», «Журнал учета объектов надзора».

В результате ведения БД СПО ИАП программа сформирует разработанные статистические формы за указанный промежуток времени, по выбранным видам объектов Надзора и по всем видам надзорно-профилактической деятельности ОНД субъекта.

СПО ИАП выполняет функцию универсальной расширяемой и масштабируемой серверной платформы, обеспечивающей работу логической структуры органов надзорной деятельности субъекта на базе СПО, а также решение задач, поставленных перед ОГН МЧС субъектового уровня.

СПО ИАП обеспечивает функциональные возможности:

- СПО разработано для использования в сетевом и автономном исполнении.

- СПО содержит настройки, которые позволяют идентифицировать базы данных, созданные органом управления НД субъекта, территориальными отделами (отделениями) ОНД субъекта.

- Доступ к базам данных авторизован, каждое должностное лицо должно иметь свой пароль и соответствующий уровень доступа. Группы прав доступа будут организованы в программе при формировании справочников подразделений ОНД, с данными о инспекторском составе.

- СПО содержит функции по слиянию БД ОНД территориального уровня в БД ОНД вышестоящих уровней и УНД субъекта и просмотра информации за субъект в целом.

- СПО содержит функции по слиянию БД УНД субъекта в сводную БД СПО ИАП Системы «Электронный инспектор» федерального уровня.

СПО ИАП обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- Ведение баз данных об объектах управления, с которыми работает СПО, в том числе ведение БД: территориальных органов государственного надзора субъекта РФ и СП ФПС, должностных лиц ОНД и уровня доступа их к СПО.

-Ведение БД территориальных справочников: адресов, юридических организаций ЮЛ и Индивидуальных предпринимателей ИП.

-Поддержка актуальности территориальных справочников подсистемы: адресов, муниципальных образований, фирм, имеющих лицензии на выполнение работ в области пожарной безопасности.

-Формирование справочника СПО Государственных реестров юридических лиц (ЮЛ) и индивидуальных предпринимателей (ИП), в том числе с возможностью импорта данных из ЕГРЮЛ и ЕГРИП, получаемых из ИФНС РФ в формате XML файлов.

-Ведение БД электронных контрольно-наблюдательных дел объектов надзора (далее – ЭКНД), состоящих на учете органов государственного надзора территориальных подразделений ОНД МЧС субъекта и СУ ФПС, включая данные об арендаторах и подobjектах, сооружениях ГО.

-Ведение БД паспортов комплексной безопасности (ПКБ) объектов социальной защиты, здравоохранения и образования (далее Модуль ПКБ), в том числе с возможностью обмена информацией с «Автоматизированной системой оперативного формирования отчетности и генерации новых отчетных форм» Минздравсоцразвития России (реализация 2012г.).

-Ведение БД административных процедур по осуществлению ГПН на объектах надзора в ОНД МЧС субъектов, и оформление результатов проверок объектов защиты и принятия мер по результатам проверок.

-Ведение БД административных процедур по осуществлению ГНГО на объектах надзора, в том числе сооружениях ГО, в ОНД МЧС субъектов, и оформление результатов проверок объектов защиты и принятия мер по результатам проверок.

-Ведение БД административных процедур по осуществлению ГНЗНТЧС на объектах надзора в ОНД МЧС субъектов, и оформление результатов проверок объектов защиты и принятия мер по результатам проверок.

-Функции индивидуальной настройки шаблонов форм выходных документов ГПН, ГНГО и ГНЗНТЧС на уровне субъекта РФ, ОНД и инспектора, в связи с различием оформления документов в различных субъектах РФ.

-Ведение БД планирования проверок: перспективного (5 лет), ежегодного и ежемесячного.

-Ведение БД показателей надзорной деятельности по ГПН, ГНГО и ГНЗНТЧС ОГН МЧС России.

-Формирование аналитических отчетов (таблиц, графиков, диаграмм) по проверкам на объектах надзора по заданным параметрам, позволяющим отображать динамику изменения количества проверок выбранной категории, для выбранных административно-территориальных образований, за выбранный период времени (в том числе в сравнении с другими периодами), позволяющих производить оценку безопасности объектов надзора в области ПБ, ГО и ЗНТЧС на территории административно-территориальных образований.

-Функции формирования статистических форм отчетности, включающее в себя, в том числе:

- формы 1,3 - ГПН, 10,11,12 - ГОЧС, разработанные в соответствии с Приказами МЧС России 22.03.2011 г. № 133 «Об утверждении форм статистической отчетности по осуществлению государственных надзоров в сфере деятельности МЧС России»;

- форму статистического контроля «1-контроль», в соответствии с приказом Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации от 27.09.2010 г. № 331 «Об утверждении статистического инструментария для организации Минэкономразвития России федерального статистического наблюдения за осуществлением государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

- Функции передачи и объединения БД ОГН МЧС с нижестоящих уровней в базы данных вышестоящих уровней, от территориального до федерального уровня системы «Электронный инспектор».

- Функции предоставления справочной информации по функционированию подсистемы - электронный интерактивный комплекс для помощи пользователям «Руководство пользователя для информационной поддержки по работе с СПО ИАП.

Так же значительное внимание следует уделить образованию сотрудников. Из опроса видно что 20 % сотрудников имеют средне-техническое специальное образование (учебное заведение МЧС); 2 % – средне-техническое другого учреждения; 34 % – высшее специальное (учебное заведение МЧС); 44 % – высшее другого профиля. Стимулирование сотрудников для получения специального образования в высших учебных заведениях МЧС поможет решить проблему оснащения учащимися, что так же в будущем способствует укомплектованности структурных подразделений высококлассными специалистами [7].

Выводы. Для эффективного функционирования управления надзорной деятельности

необходимо переработать ряд документов, регламентирующих её деятельность и внедрить их в практику.

Следует особо отметить, что роль методологии при системном подходе сводится к максимально точной формулировке задачи на каждом этапе и к подбору на каждом этапе метода, в наибольшей степени соответствующего существу постановки задачи.

Применение автоматизированных информационной системы сбора и обработки информации позволит улучшить работу надзорных органов МЧС России.

**Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В., Северин Н.Н. Организация государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности: учебное пособие. Белгород: БГТУ, 2011. 169с.

2. Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Ковалева Е.Г., Литвин М.В. Общая характеристика системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С.179–183.

3. Семиков В.Л., Рязанов В.А., Соболев Н.Н., Ломаева Т.А., Ломаев Е.Н., Измайлов Р.А., Клепко Е.А., Морозов В.И., Матюшина Е.А. Организация и управление в области обеспечения пожарной безопасности: уч. пос. М: Академия ГПС, 2009. 165.

4. Семиков В.Л., Ушаков В.Д. Теория организации в схемах и таблицах. М., 2010. 126с.

5. Семиков В.Л. Теория организации. М.: Изд-во Академия ГПС, 2003. 247с.

6. Система СПО ИАП с встроенным программным модулем «Сбора информации о состоянии безопасности объектов надзора по результатам надзорной деятельности в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера» // Отчет НИР / Новосибирский филиал НИИ ВДПО. Новосибирск. 2009.

7. Ветрова Ю.В., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В. Формирование личностных качеств у сотрудников ГПС МЧС России – главная цель функционирования системы профессиональной подготовки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С.180–183.

Litvin M.V., Lukyanov Yu.N., Radoutsky V.Yu.

APPLICATION OF AUTOMATIZED INFORMATION SYSTEM OF DATA COLLECTION BY SUPERVISORY AUTHORITIES OF THE EMERGENCY MINISTRY OF RUSSIAN FEDERATION

In this work the questionnaire survey of supervisory activities personnel has been carried out and the questions of using the automatized information system of collecting data in supervisory activities management has been considered, which allows improving the work of supervisory authorities, orienting it on solving problems, on identifying opportunities, drawbacks, neck stages in the process of collecting and processing information and decision-making.

Key words: *inspector, management, fire security, supervisory activities, information systems, methodology, organization.*

Литвин Марина Владимировна, заместитель начальника отдела госнадзора в области ГО и ЗНТ.

ГУ МЧС России по Белгородской области.

Адрес: Россия, 308015, Белгород, пр. Славы, д. 102.

E-mail: zchs@intbel.ru.

Лукьянов Юрий Николаевич, начальник ОНД Белгородского района.

ГУ МЧС России по Белгородской области.

Адрес: Россия, 308015, Белгород, пр. Славы, д. 102.

E-mail: zchs@intbel.ru.

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru

Латкин М.А., д-р техн. наук, проф.,
Кеменов С.А., доц.,
Фурманов И.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ*

latkin.69@mail.ru

Рассмотрена проблема оценивания эффективности мероприятий по снижению техногенных рисков предприятия. На основе принципов приемлемого уровня рисков и экономической эффективности, при управлении техногенными рисками предприятия обязательно осуществляют превентивные мероприятия по снижению негативного воздействия рисков до допустимого уровня, а затем рассматривают необходимость проведения последующих мероприятий по реагированию на риски предприятия. Предложены критерии определения экономической эффективности мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия, которые позволяют поэтапно учитывать изменения ожидаемых потерь в случае наступления аварии и затрат на проведение последующих мероприятий реагирования на риски.

Ключевые слова: управление рисками, техногенные риски предприятия, снижение рисков, эффективность мероприятий по снижению рисков.

Введение. В ходе функционирования предприятия всегда могут наступить различные неблагоприятные события, то есть риски, которые обусловлены неопределенностью и неполнотой исходной информации при принятии управленческих решений, вероятностным характером будущих событий, возможными изменениями внутренней и внешней среды предприятия. Поэтому риски присутствуют во всех направлениях деятельности любого предприятия и полное устранение рисков невозможно. Обычно под рисками предприятия понимают возможные неблагоприятные для него события, наступление которых приводит к материальным, финансовым, социально-экономическим и другим потерям.

К основным целям управления рисками предприятия относят:

- своевременное реагирование на неблагоприятные события и уменьшение возможных потерь в случае наступления рисков;
- снижение уровня негативного воздействия рисков;
- планирование развития бизнеса и предприятия, обеспечивающее допустимый уровень рисков.

Для достижения поставленных целей экономического развития и обеспечения устойчивого функционирования предприятия необходимо заранее предусмотреть возможность возникновения различных неблагоприятных событий и обязательно реагировать на существенные риски предприятия [1, 2]. В риск-менеджменте выделяют следующие основные методы реагирования на риски предприятия [3, 4].

1. Снижение рисков.

Применение этого метода состоит в разработке организационно-технических мероприятий, которые позволяют снизить вероятность возникновения неблагоприятного события или уменьшить потери в случае его наступления.

2. Распределение рисков.

Применение этого метода означает распределение ответственности за риски между предприятиями партнерами или контрагентами.

3. Самострахование рисков.

Применение этого метода предусматривает создание специальных резервных фондов для компенсации потерь в случае наступления рисков. Величину отчислений в такие резервы регулируют внутренние документы предприятия, законодательные и нормативные акты.

4. Страхование рисков.

Применение этого метода подразумевает передачу компенсации потерь в случае наступления рисков страховым компаниям за определенную плату.

Для каждого риска предприятия можно разработать несколько различных мероприятий по реагированию, при выборе которых необходимо учитывать привлечение дополнительных финансовых и материальных ресурсов на снижение уровня негативного воздействия рисков или на ликвидацию последствий наступивших рисков. С одной стороны, это приводит к увеличению затрат на осуществление деятельности предприятия и к снижению его прибыли за отчетный период. С другой стороны, принятые мероприятия по реагированию на риски обеспечивают устойчивое функционирование предприятия и тем самым повышают его конкурентоспособность.

Таким образом, перед руководством предприятия возникает проблема, связанная с разработкой и выбором эффективных мероприятий по реагированию на риски, с принятием решений о привлечении дополнительных денежных средств на снижение негативного воздействия возможных рисков предприятия.

Методология. В данной работе использована методология управления рисками, которая представляет собой совокупность методов структурирования, анализа и оценки рисков, реагирования на риски, объединенных в систему планирования, мониторинга и корректирующих воздействий. Процесс управления рисками предприятия содержит следующие действия:

- выявление и структурирование возможных рисков;
- идентификация рисков;
- оценка уровня негативного воздействия рисков;
- планирование мероприятий реагирования на риски;
- мониторинг, реагирование и ликвидация последствий наступивших рисков;
- оценивание эффективности принятых мероприятий реагирования на риски.

Основная цель создания на предприятии системы управления рисками – повышение конкурентоспособности и эффективности деятельности предприятия за счет внедрения хорошо формализованных процессов управления рисками, накопления опыта лучших практик, разработки методик выполнения стандартных процедур.

Основная часть. Под техногенными рисками предприятия будем понимать возможные неблагоприятные для предприятия события при осуществлении производственной деятельности, наступление которых приводит к аварии, материальным, социально-экономическим и другим потерям. Перечень таких неблагоприятных для предприятия событий природного, техногенного и экологического характера, а также соответствующие негативные последствия подробно рассмотрены в работе [1]. К основным количественным характеристикам возможного риска относят вероятность возникновения соответствующего неблагоприятного события и ожидаемые потери в случае его наступления.

Для проведения качественного и количественного анализа рисков, разработки и оценки эффективности мероприятий реагирования на риски, необходимо определить потери, которые возникают при наступлении неблагоприятных событий. Полные потери в случае наступления аварий на опасных производственных объектах можно рассчитать следующим образом [5]:

$$P_a = P_{п.п} + P_{л.а} + P_{сэ} + P_{н.в} + P_{экол} + P_{в.т.р}, \quad (1)$$

где: $P_{п.п}$ – прямые потери предприятия в результате уничтожения основных фондов и товарно-материальных ценностей; $P_{л.а}$ – затраты, связанные с локализацией последствий и расследованием аварии, которые при предварительном оценивании можно принять в размере 10 % от величины прямых потерь предприятия; $P_{сэ}$ – социально-экономические потери, которые представляют собой затраты, связанные с гибелью и травматизмом персонала предприятия; $P_{н.в}$ – косвенные потери, то есть затраты, связанные с простоями оборудования и персонала, с недополученной прибылью, с уплатой различных неустоек и штрафов; $P_{экол}$ – экологические потери, то есть нанесение ущерба окружающей среде; $P_{в.т.р}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели работников предприятия.

При выборе метода реагирования на каждый риск предприятия необходимо учитывать организацию финансирования риска, то есть поиск и привлечение финансовых ресурсов для осуществления мероприятий по снижению рисков, для ликвидации негативных последствий наступивших неблагоприятных событий. Таким образом, внедрение на предприятии процесса управления рисками приводит к следующим издержкам:

$$Z_{risk} = Z_{pred} + Z_{likv} + Z_{adm}, \quad (2)$$

где: Z_{pred} – предварительные затраты на проведение мероприятий по снижению уровня рисков, формирование резервных фондов самострахования рисков, уплату взносов страховым компаниям, выплату премий предприятиям партнерам, принявшим ответственность за определенные риски; Z_{likv} – дополнительные затраты на ликвидацию негативных последствий рисков в случае их наступления; Z_{adm} – текущие административные затраты на управление рисками.

При оценивании эффективности применения методов реагирования на техногенные риски предприятия будем использовать следующие принципы.

1. Выбор приемлемого уровня риска, который не должен выходить за допустимые пределы исходя из существующих социально-экономических условий.

Данный принцип направлен на соблюдение установленных норм промышленной безопасности и на уменьшение общей опасности предпри-

ятия для населения и окружающей среды. При управлении техногенными рисками предприятия обязательно проводят превентивные мероприятия по снижению уровня негативного воздействия рисков, который не должен быть выше допустимого. Перечень таких мероприятий по реагированию на риски и составляющие затрат при управлении комплексной безопасностью высших учебных заведений, а также критерии оценки социально-экономической эффективности системы безопасности ВУЗа подробно рассмотрены в работах [6, 7].

2. Повышение экономической эффективности.

Данный принцип направлен на обеспечение общей устойчивости функционирования предприятия. При управлении техногенными рисками предприятия следует разработать мероприятия по снижению уровня негативного воздействия рисков или компенсации потерь в случае наступления аварии. Применение любого метода реагирования на риски приводит к перераспределению финансовых потоков предприятия и к изменению стоимости его активов, рассчитанных на начало и окончание финансового периода.

При разработке возможных решений по реагированию на риски предприятия, в соответствии с указанным принципом экономической эффективности мероприятий реагирования будем использовать следующее ограничение:

$$C_{nr.j} < U_{max.j}, \quad (3)$$

где: $C_{nr.j}$ – затраты на проведение мероприятия по реагированию на j -й риск; $U_{max.j}$ – максимальные потери в случае наступления j -го риска.

Традиционно, управление рисками на опасных производственных объектах связывают с соблюдением требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасностью, предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций. При этом основным опасным событием считают аварию, в результате которой происходят пожары, взрывы, гибель персонала предприятия. Таким образом, на производственном объекте в первую очередь необходимо провести мероприятия по снижению уровня негативного воздействия рисков, которые направлены на уменьшение вероятности наступления аварии до установленных значений, а также на уменьшение масштаба возможных потерь.

Например, в соответствии с требованиями пожарной безопасности, каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, которая содержит систему

предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [8]. Такая система обеспечения пожарной безопасности предприятия должна исключать возможность превышения значений допустимого пожарного риска, и величина индивидуального пожарного риска в зданиях и на территории производственного объекта не должна превышать 10^{-6} в год. Затраты на создание системы обеспечения пожарной безопасности предприятия можно определить следующим образом:

$$C_{spb} = C_{spp} + C_{spz} + C_{otm}, \quad (4)$$

где: C_{spp} – затраты на создание системы предотвращения пожара; C_{spz} – затраты на создание системы противопожарной защиты; C_{otm} – затраты на проведение комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

В соответствии с условием (3) затраты на создание системы обеспечения пожарной безопасности предприятия C_{spb} , должны быть меньше полных потерь Π_a в случае наступления аварии

$$C_{spb} < \Pi_a. \quad (5)$$

После создания на предприятии системы обеспечения пожарной безопасности необходимо пересчитать ожидаемые потери в случае наступления аварии, что позволяет определить предотвращенные потери с учетом проведенных мероприятий по снижению пожарных рисков предприятия

$$\Delta U_{sn.pr} = \Pi_a - U_{sn.pr}, \quad (6)$$

где: $\Delta U_{sn.pr}$ – предотвращенные потери в случае наступления пожарных рисков с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия рисков; $U_{sn.pr}$ – ожидаемые потери в случае наступления пожарных рисков с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия рисков.

Определение экономической эффективности систем предполагает сравнение полученного эффекта от применения системы с затратами на его достижение. Тогда экономическую эффективность создания на предприятии системы обеспечения пожарной безопасности можно определить так

$$E_{\text{spb}} = \frac{\Delta U_{\text{sn.pr}}}{C_{\text{spb}}}. \quad (7)$$

Формула (7) показывает какую величину потерь можно предотвратить в случае наступления пожарных рисков за счет вложения 1 рубля в создание системы обеспечения пожарной безопасности предприятия.

В общем случае экономическую эффективность мероприятий по снижению негативного воздействия j -го риска будем определять следующим образом:

$$E_{\text{sn.j}} = \frac{\Delta U_{\text{sn.j}}}{C_{\text{sn.j}}}. \quad (8)$$

где: $\Delta U_{\text{sn.j}}$ – предотвращенные потери в случае наступления j -го риска с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия риска; $C_{\text{sn.j}}$ – затраты на проведение мероприятий по снижению негативного воздействия j -го риска.

После проведения обязательных превентивных мероприятий по снижению пожарных рис-

ков предприятия до установленного допустимого уровня необходимость разработки последующих мероприятий по реагированию, которые связаны с определенными затратами, потребует дополнительного анализа. Например, полные потери в случае наступления аварии и затраты для последующих i -х этапов развития системы обеспечения пожарной безопасности предприятия будут равны

$$\begin{aligned} \Pi_a(i+1) &= U_{\text{sn.pr}}(i) \\ C_{\text{spb}} &= \sum_{i=1}^n C_{\text{spb}}(i). \end{aligned} \quad (9)$$

График изменения полных потерь $\Pi_a(i+1)$ в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия рисков, затрат C_{spb} на создание и последующее развитие системы обеспечения пожарной безопасности предприятия приведен на рис. 1.

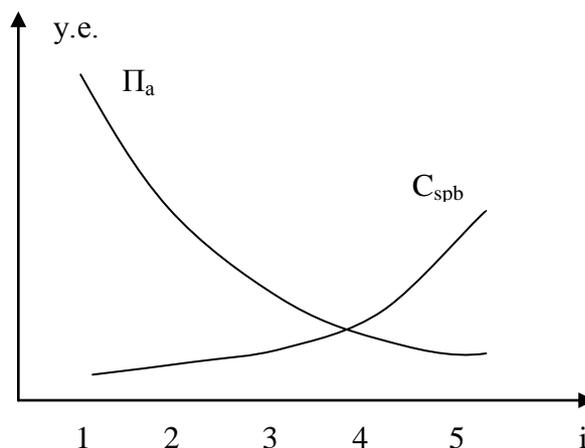


Рис. 1. Изменение потерь от аварии и затрат на обеспечение пожарной безопасности

Проведенные мероприятия по снижению техногенных рисков предприятия не позволяют полностью устранить возможность наступления неблагоприятных событий и ожидаемые потери в случае наступления аварии. Это можно объяснить вероятностным характером будущих неблагоприятных событий и возможных потерь в случае наступления аварии, а также масштабом предприятия и ограниченностью его доступных ресурсов. Таким образом, возникают дополнительные затраты на ликвидацию аварии Z_{likv} (см. формулу 2), для компенсации которых следует предусмотреть применение других методов реагирования на риски предприятия или привлечение дополнительных денежных средств за счет специальных государственных дотаций.

Выводы. Сформулированные принципы выбора приемлемого уровня рисков и повышения экономической эффективности принятых мероприятий по реагированию на риски позволяют:

- снизить негативное воздействие техногенных рисков до допустимого уровня с учетом текущего социально-экономического состояния и ресурсных возможностей предприятия;
- обеспечить устойчивое функционирование предприятия и эффективное распределение его ограниченных финансовых ресурсов на управление техногенными рисками.

Предложены критерии определения экономической эффективности обязательных и последующих мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия,

которые учитывают ожидаемые потери в случае наступления аварии, предотвращенные потери и соответствующие затраты при осуществлении принятых мероприятий реагирования на риски.

**Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Системы управления рисками чрезвычайных ситуаций: монография. Белгород: ООО «Планета-Полиграф», 2010. 164 с.

2. Северин Н.Н., Ражников С.В. Актуальные организационные проблемы при осуществлении надзорной деятельности и пути их решения на основе системного подхода // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 235–238.

3. Гончаренко Л. П., Филин С. А. Риск-менеджмент. М.: КноРус, 2007. 216 с.

4. Эндрю Холмс. Риск-менеджмент. М.:

Эксмо, 2007. 304 с.

5. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. <http://files.stroyinf.ru/Data1/44/44716/> (дата обращения: 16.11.2015).

6. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В. Управление комплексной безопасностью высших учебных заведений: монография. Белгород: Издательство БГТУ, 2013. 128 с.

7. Радоуцкий В.Ю., Васюткина Д.И. Количественные критерии оценки эффективности систем безопасности высших учебных заведений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 239–241.

8. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. <http://base.garant.ru> (дата обращения: 16.11.2015).

Latkin M.A., Kemenov S.A., Furmanov I.V.

THE EFFICIENCY ASSESSMENT OF TECHNOLOGY-RELATED RISKS REDUCTION MEASURES OF AN ENTERPRISE

The problem of assessing the efficiency of measures of technology-related risks reduction at an enterprise has been considered. On the basis of acceptable risk level and economic efficiency principles, at managing technogenic risks of an enterprise, the preventive measures of reducing the adverse effect of risks to the acceptable level need to be taken at first, and then the necessity of carrying out the further measures of risk response are considered. The criteria of determining the economic efficiency of measures to reduce the adverse effect of technology-related risks of an enterprise, which allow stepwise taking into account the alteration of the expected losses in case of emergency and the expenses for carrying out the further risk response measures, have been suggested.

Key words: risk management, technology-related risks of an enterprise, risk reduction, efficiency of risk reduction measures

Латкин Матвей Алексеевич, доктор технических наук, профессор.

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

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

E-mail: latkin.69@mail.ru

Кеменов Сергей Анатольевич, доцент.

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

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

Фурманов Игорь Васильевич, аспирант.

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

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

*Данилова Т.В., препод.,**Кудинова А.И., препод.**Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина**Радоцкий В.Ю., канд. техн. наук, доц.,**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КРИЗИСНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ*

zchs@intbel.ru

Проведен анализ опасностей которым подвергаются высшие учебные заведения. Приведена структурная схема системы управления рисками кризисных и чрезвычайных ситуаций высшего учебного заведения и схема процесса управления риском возникновения кризисной и чрезвычайной ситуации в учебном заведении.

Ключевые слова: анализ риска, управление риском, кризисная ситуация, чрезвычайная ситуация, мониторинг, опасность.

Введение. Не только в России, но и во всем мире нарастает озабоченность в связи со все возрастающим количеством ежегодно возникающих чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, увеличением их масштабов. Складывающаяся обстановка требует принятия мер по совершенствованию управления безопасностью.

В качестве одной из таких мер рекомендуется и уже осуществляется на практике переход к методам управления, основанным на анализе и оценке риска как количественной характеристики опасности для населения и окружающей среды от того или иного объекта повышенной опасности, к управлению рисками чрезвычайных ситуаций. При этом риск должен оцениваться не только при нормальных условиях, без аварийной эксплуатации, но и при реализации аварий и катастроф с разрушением систем защитных оболочек и сооружений, выходом в окружающую среду опасных веществ, затоплением огромных территорий и т.п. [1].

Заметим, что под природным риском понимается возможность нежелательных последствий от опасных природных процессов и явлений, а под техногенным – от опасных техногенных явлений (аварий и катастроф на объектах техносферы), а также ухудшения окружающей среды из-за промышленных выбросов в процессе хозяйственной деятельности (является сферой деятельности экологической безопасности и охраны окружающей среды). Под социальным же риском понимается возможность негативных последствий от опасных социальных процессов (ухудшение социально-экономического положения страны, дифференциация населения по доходам, появление значительных групп населения, живущих ниже черты бедности) и явлений (преступность, наркомания, алкоголизм, терроризм и др.) [2].

Подход на основе анализа риска, как некоторой количественной оценки, особенно важен на региональном уровне, в первую очередь для регионов, где сосредоточен значительный потенциал опасных производств и объектов в сочетании со сложной социально-политической обстановкой и недостаточным финансированием [3].

Следует подчеркнуть, что в рамках технократической концепции природный и техногенный риски измеряются вероятной величиной потерь за определенный промежуток времени.

Основная часть. В общем случае управление риском – это разработка и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности [2]. Главный элемент такой деятельности – процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на снижение различных видов риска с целью достижения такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только возможен с точки зрения экономических и социальных факторов. Этот процесс основан на мониторинге окружающей среды и анализе риска.

Согласно другому определению управление риском – это основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который общество считает приемлемым, исходя из существующих ограничений на ресурсы и время [3].

Для управления риском обычно используется подход, основанный на субъективных суждениях и игнорирующий социально-экономические аспекты, которые в значительной степени определяют уровень безопасности личности и общества. Научный подход к принятию решений в целях устойчивого развития общества, т.е. обеспечения безопасности человека и окружающей его среды в условиях повышения

качества жизни каждого индивидуума, требует взвешенного и непредвзятого мышления, основанного на количественном анализе риска и последствий от принимаемых решений. Эти решения принимаются в рамках системы управления риском.

Важной составной частью этого управления является система управления рисками чрезвычайных ситуаций (или управления природной, техногенной и социальной безопасностью населения). Для управления рисками чрезвычайных ситуаций следует развивать [4]:

- систему мониторинга, анализа риска и прогнозирования чрезвычайных ситуаций как основы деятельности по снижению рисков чрезвычайных ситуаций;

- систему предупреждения чрезвычайных ситуаций и механизмы государственного регулирования рисков;

- систему ликвидации чрезвычайных ситуаций, включая оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации, технические средства и технологии проведения аварийно-спасательных работ, первоочередного жизнеобеспечения и реабилитации пострадавшего населения;

- систему подготовки руководящего состава органов управления, специалистов и населения в области снижения рисков и уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций.

Структура системы управления природными и техногенными рисками для высшего учебного заведения с учетом [5] включает следующие основные элементы:

- установление уровней приемлемого риска, исходя из экономических и социальных факторов;

- мониторинг окружающей среды, анализ риска для жизнедеятельности сотрудников и студентов и прогнозирования кризисных и чрезвычайных ситуаций;

- принятие решений о целесообразности проведения мероприятий защиты;

- рациональное распределение средств на превентивные меры по снижению риска и меры по уменьшению масштабов чрезвычайных ситуаций;

- осуществление превентивных мер по снижению риска кризисных и чрезвычайных ситуаций и уменьшению их последствий;

- проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ.

Анализ риска осуществляется по схеме: идентификация опасностей, мониторинг окружающей среды – анализ (оценка и прогноз) угрозы – анализ уязвимости территории ВУЗа – анализ риска чрезвычайной ситуации на территории ВУЗа – анализ индивидуального риска

для сотрудников и студентов. В дальнейшем сравнение его с приемлемым риском и принятие решения о целесообразности проведения мероприятий защиты – обоснование и реализация рациональных мер защиты, подготовка сил и средств для проведения аварийно-спасательных работ, создание необходимых резервов для уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций [6].

Успешно функционирует, в частности, система оперативного прогноза последствий сильных землетрясений с использованием ГИС-технологий, которая содержит информацию о населении и характеристиках застройки всех населенных пунктов на территории России. Система по получаемой через Интернет в реальном масштабе времени информации о координатах, глубине очага и магнитуде землетрясения выдает прогноз его последствий, масштабов возникшей чрезвычайной ситуации, а также необходимых сил и средств для проведения аварийно-спасательных работ.

Следует отметить, что учитывая влияние на индивидуальный риск различных факторов: видов негативных событий, их частоты, силы, взаимного расположения источников опасности и объектов воздействия, защищенность и уязвимость объектов по отношению к поражающим факторам источников опасности, а также затраты на реализацию мер по уменьшению негативного влияния отдельных факторов, обосновываются рациональные меры, позволяющие снизить природный и техногенный риски до минимально возможного уровня. Отдельные опасные явления, потенциально опасные объекты сравниваются между собой по величине индивидуального риска, выявляются критические риски. Рациональный объем мер защиты осуществляется в пределах ресурсных ограничений, следующих из социально-экономического положения страны [7].

На современном этапе осуществление образовательной деятельности невозможно без обеспечения безопасности и защиты обучающихся, преподавателей и сотрудников от действия неблагоприятных и опасных факторов природного, техногенного, и иного характера.

Различают следующие виды опасностей, которым подвергаются образовательные учреждения [8]:

- природная опасность, связанная с состоянием литосферы, атмосферы, гидросферы и космоса. Степень природной опасности зависит от повторяемости, силы и пространственной локализации, экстремальных природных явлений;

- антропогенная опасность, связанная с социальной или хозяйственной деятельностью

человека (терроризм, опасные социальные и биолого-социальные явления, деградация окружающей среды);

– техногенная опасность, связанная с техногенными объектами и системами. Степень техногенной опасности определяется видом потенциально опасных объектов, их числом, расположением и величиной сосредоточенного в них потенциала вредного воздействия;

– опасность территории – комплексный показатель, учитывающий все перечисленные выше опасности в их взаимосвязи.

Существующие многочисленные угрозы обусловлены не только объективно существующими потенциальными источниками и факторами опасности, но и недостаточной защитой от их воздействия, а нередко и отсутствием такой защиты.

Основой для принятия решений и планирования мероприятий по повышению безопасности личности (учащегося, студента, преподавателя, сотрудника) в образовательном учреждении должна стать теория и основанная на ней система управления рисками. С помощью экспертно-аналитических методов необходимо дать количественную оценку угроз для безопасности образовательных учреждений и установить их приоритеты. Количественный подход позволяет трансформировать угрозы в риски [9].

События последнего времени показали несостоятельность принципа «нулевого риска», как основы концепции безопасности. Более адекватным и общепринятым в настоящее время является принцип «приемлемого риска», предусматривающий необходимость предвидеть, предупредить и минимизировать последствия чрезвычайных ситуаций. На основе количественных оценок рисков и их прогноза можно решать задачи по снижению рисков до приемлемого уровня.

Принцип приемлемого риска положен в основу Закона РФ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера», а также других нормативных и директивных документов в области безопасности. В настоящее время существует насущная необходимость разработки аналогичных документов применительно к образовательной деятельности. Такие документы могут быть созданы лишь на основе всестороннего анализа рисков, сопровождающих работу образовательных учреждений всех уровней. Прежде всего, необходима идентификация, классификация и ранжирование всех опасностей и угроз. Далее, на основе имеющихся статистических данных с использованием методов теории вероятностей, теории надежности с привлечением современных вы-

числительных средств необходимо количественно оценить вероятности возникновения критических и чрезвычайных ситуаций [10].

Количественный анализ рисков создает базу для разработки методов и приемов управления рисками – правовых, организационных, экономических, технических и др.

Управление риском возникновения кризисных и чрезвычайных ситуаций в образовательном учреждении включает в себя:

– заблаговременное предвидение (прогноз) опасностей;

– выявление основных влияющих факторов;

– принятие мер по снижению риска путем целенаправленного изменения влияющих факторов;

– создание базы данных и базы знаний для поддержки технических решений и разработки нормативных документов в области безопасности.

Стадии процесса управления рисками в учебном заведении показаны на рис. 1. В качестве критериев принятия решений используются уровни риска, которые считаются приемлемыми. Целью процесса управления риском является снижение его уровня до приемлемого.



Рис. 1. Схема процесса управления риском возникновения кризисной и чрезвычайной ситуации в учебном заведении

Вывод. На основе анализа методов управления риском может быть разработана комплексная федеральная программа снижения угроз и обеспечения безопасного функционирования образовательных учреждений всех уровней.

**Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владимиров В.А., Измолков В.И., Измолков А.В. Оценка риска и управление техногенной безопасностью. М.: «Деловой экспресс», 2002, 183с.
2. Акимов В.А. и др. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: уч. пос. для ВУЗов МЧС. М.: ФИД «Деловой экспресс», 2004. 352 с.
3. Акимов В.А., Порфирьев Б.Н. Кризисы и риски: к вопросу взаимосвязи // Проблемы анализа риска. М.: Деловой экспресс. 2004. Т. 1, №1.
4. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Мониторинг, прогнозирование, моделирование и оценка рисков чрезвычайных ситуаций в системе высшего профессионального образования. Белгород, 2012
5. Акимов В. А., Новиков В. Д., Радаев Н. Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М.: ФИД «Деловой экспресс», 2001. 343 с.
6. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Методологические основы моделирования систем обеспечения комплексной безопасности вузов // Вестник БГТУ им. ВГ. Шухова. 2008. №3. С. 64-66.
7. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Предупреждение риска террористических акций в области техносферы // Вестник БГТУ им. ВГ. Шухова. 2009. №1. С 141-142.
8. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Характеристика внутренних опасностей и угроз образовательных учреждений высшего профессионального образования // Вестник БГТУ им. ВГ. Шухова. 2009. №3. С 124-126.
9. Бабаев Н.С., Кузьмин И.И. Абсолютная безопасность или «приемлемый риск». М., 1992.
10. Ортвин Ренн. Три десятилетия исследования риска: достижения и новые горизонты // Вопросы анализ риска. Т. 1. №1. 1999, С. 80-99.

Danilova T.V., Kudinova A.I., Radoutsky V.Yu.**MANAGING RISKS OF CRISIS AND EMERGENCY SITUATIONS IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS**

The analysis of hazards, to which the higher educational institutions are exposed, has been carried out. The structural diagram of risk management system of crisis and emergency situations in a higher educational institution and the mechanism of managing risk of a crisis or emergency situation in an educational institution are presented.

Key words: *risk analysis, risk management, crisis situation, emergency situation, monitoring, danger.*

Данилова Татьяна Викторовна, преподаватель кафедры управления и интегрированные маркетинговые коммуникации.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.

E-mail: zchs@intbel.ru

Кудинова Анастасия Игоревна, преподаватель

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71.

E-mail: zchs@intbel.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru

Жернаков С.В., д-р техн. наук, проф.,

Гаврилов Г.Н., аспирант

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

grigorijgavrilov@mail.ru

В данной статье были рассмотрены мобильные системы с точки зрения защиты информации. Был выполнен анализ статистики угроз для мобильных систем. А также был проведен обзор современных уязвимостей и рассмотрена модель безопасности мобильной системы. Согласно анализу статистики, современных угроз и рассмотренной модели безопасности были сделаны соответствующие выводы об актуальности исследований в данном направлении.

Ключевые слова: мобильная система, уязвимости, модель безопасности, Android.

Введение. В настоящее время актуальность исследований в сфере мобильных систем находится на высоком уровне, так как современные мобильные системы имеют огромный функционал и возможности. Пользователи хранят множество личных данных на мобильных устройствах: фотографии, контакты, деловые переписки, документы, пароли, номер кредиток, мобильный банк и т.д. Следовательно мобильное устройство вызывает интерес со стороны злоумышленников, как объект для получения прибыли. Таким образом количество вредоносного программного обеспечения растет с большой скоростью. Методы сигнатурного анализа эффективно работают, однако идентифицировать и устранять новые вредоносные программы они не способны. Это дает повод рассмотреть применимость современных интеллектуальных методов для детектирования вредоносных программ на основе эвристического анализа.

Методология. Обзор, анализ и выявление необходимости исследований в направлении защиты информации в мобильных устройствах.

Основная часть. Мобильные системы являются неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, количество персональных данных, которые хранятся на них, постоянно увеличивается. В отличие от персональных компьютеров, мобильные системы развиваются гораздо быстрее. По имеющимся данным Википедии (рис. 1), Android работает на 64 % устройства [1]. Учитывая, что доля Android устройств на рынке неуклонно растет, то и число пользователей смартфонов будет продолжать неуклонно расти.

Но при этом область защиты информации не всегда поддерживается разработчиком и успевает вслед за развитием самой системы. В современный век мобильные устройства используются для множества операции – это банк-клиент, почта, документы, облачные сервисы, фото, видео и т.д. Мобильный телефон своего рода банк персональной информации,

при потере контроля над этим удобным для нас устройством, мы можем потерять все персональные данные, финансы, авторитет. Например, десятки тысяч пользователей «Сбербанка» стали жертвами мошенничества. Как заявил агентству FlashNord источник в МВД, пострадали 20–30 тысяч человек. Все пострадавшие использовали смартфоны различных марок на базе операционной системы Android. Вирус-троян, относящийся к семейству вредоносного ПО Backdoor.AndroidOS.Obad, похищал денежные средства с привязанных к телефонным номерам карт Сбербанка. Жертвы долго остаются в неведении, так как программа блокировала sms-сообщения о снятии средств со счета. Пострадали 20–30 тысяч человек и ущерб составил огромную сумму [3].

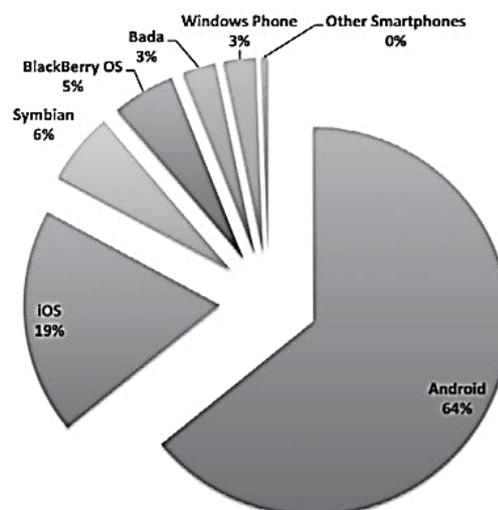


Рис. 1. Глобальная статистика роста операционных систем

За последние два года число мобильных вредоносных программ выросло более чем в 10 раз и превысило 12 миллионов в четвертом квартале 2014 [4].

В 2014 году продукты «Лаборатории Касперского» заблокировали 6 167 233 068 вредоносных атак на компьютеры и мобильные

устройства пользователей. Отражено 1 363 549 атак на Android-устройства. Решения «Лаборатории Касперского» отразили 1 432 660 467 атак, проводившихся с Интернет-ресурсов, размещенных в разных странах мира.

За отчетный период было обнаружено:

- 4 643 582 вредоносных установочных пакета;
- 295 539 новых мобильных вредоносных программ;
- 12 100 мобильных банковских троянцев [1, 2].

Несколько лет назад вредоносного программного обеспечения практически не существовало. Разработчики мобильных операционных систем с самого начала закладывали в свои продукты максимальную защищенность от вре-

доносного программного обеспечения. Мобильные операционные системы не позволяли вредоносным программам захватывать управление устройством.

В настоящее время ситуация изменилась, в первую очередь благодаря расширению возможностей мобильных устройств. Современное мобильное устройство – полноценный рабочий инструмент, центр развлечений и средство управления личными финансами. Чем больше возможностей у мобильного устройства, тем сильнее он привлекает злоумышленников, тем больше вредоносных приложений появляются, и тем больше способов распространения и заражения появляется.

На рисунке 2 изображен рост числа мобильных троянских программ.

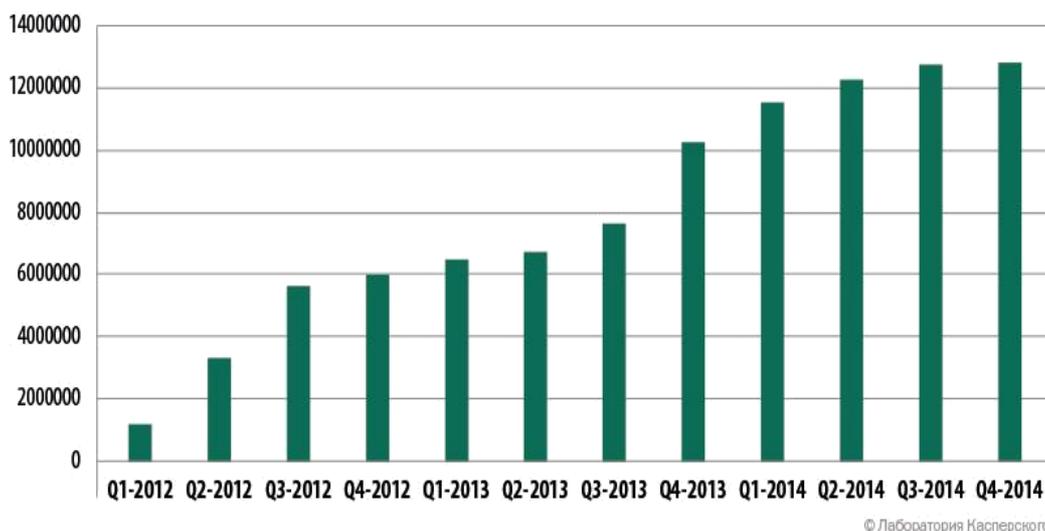


Рис. 2. Количество обнаруженных вредоносных установочных пакетов

С первого квартала 2012 года число мобильных вредоносных программ выросло более чем в десять раз и в четвертом квартале 2014 года превысило 12 миллионов.

Показательно меняется и распределение вредоносных программ по типам. Легко заметить, что традиционные SMS-трояны и многофункциональные бэкдоры уступают дорогу рекламным вредоносным программам и троянам-банкерам. При этом уменьшение доли вредоносных программ какого-либо типа вовсе не говорит о том, что они уходят со сцены – не забывайте про рост общего числа вредоносных программ для мобильных устройств [2, 4, 5].

Современные угрозы информационной безопасности мобильных систем

Угрозы с описанием представлены в таблице 1.

Также можно выделить следующие уязвимости:

- возможность установки программы как из официального каталога программ, так и из любого другого доступного источника;

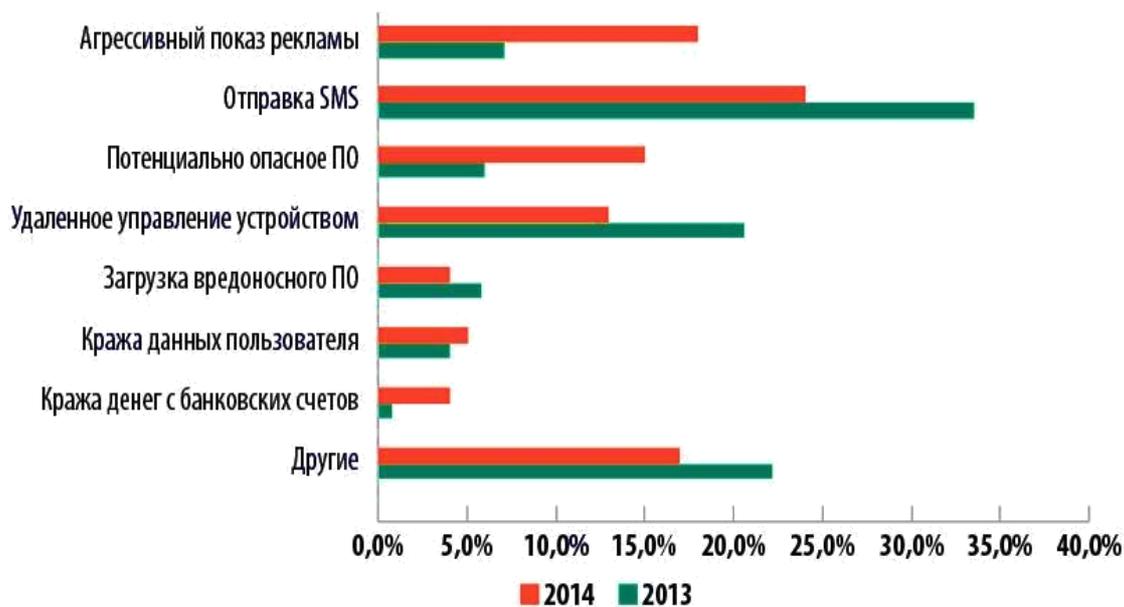
- возможность любому желающему размещать в официальном каталоге программ свои программы;

- программы не подвергаются предварительной проверке или тестированию после загрузки в каталог программ;

- отсутствие системных обновлений со стороны разработчика.

Обзор существующих методов и алгоритмов обнаружения вредоносных программ в мобильных системах

Для открытой мобильной системы необходима надежная архитектура безопасности и программное обеспечение. В мобильной системе была реализована многоуровневая безопасность, которая обеспечивает гибкость, необходимую для открытой платформы и обеспечивает защиту для всех пользователей. В системе был реализован контроль безопасности с точки зрения разработчиков и пользователей.



© Лаборатория Касперского

Рис. 3. Распределение мобильных вредоносных программ по функциям (файлы из коллекции «Лаборатории Касперского»)

Таблица 1

Угрозы существующие на сегодняшний день

Угроза	Описание
Эксплойты	Сложный тип вредоносного программного обеспечения, способный дать злоумышленнику всю информацию о пользователе, устройстве, местоположении и позволить управлять смартфоном удаленно [4]. Злоумышленники используют эту угрозу, а также уязвимости [8, 9] для реализации атак и получения прав чтобы беспрепятственно устанавливать программы без разрешения пользователя.
Система разрешений	При установке программы на мобильное устройство пользователю предоставляется список всех разрешений для функций, которые будут доступны программе. После установки программа получает возможность выполнять свои действия с предоставленными функциями без участия пользователя.
Модифицированные операционные системы	В такие мобильные операционные системы могут быть встроены вредоносные программы. Также, когда цифровой подписью образа системы подписывается программа, она получает те же права, что и сама система, в которой она работает.
Открытость мобильной системы	Так как код доступен, он может использоваться злоумышленниками чтобы найти уязвимости и ошибки.
Системная инженерия	Использование вредоносной программой человеческого фактора для получения прав на управление устройством.
СМС-троян	Отправляют смс с повышенной тарификацией на короткие номера.
Трояны	Сбор конфиденциальной информации пользователя, добавление закладок в браузер, выполнение команд, поступающих от злоумышленников, отправка СМС-сообщений, установка других приложений и т. п. Чтобы реализовать возможность установки приложений, не вызывая подозрений со стороны пользователя. Необходимы права root (права, с которыми работает ядро системы).
Коммерческие программы-шпионы	Эти приложения используются для слежки за пользователями.
Рекламные модули	Представляют собой приложения и игры, снабженные сервисным модулем, который остается работать даже после закрытия самого приложения и время от времени размещает рекламу в области уведомлений
Прочие	Вредоносные программы, которые сочетают в себе различные функции, описанные выше.

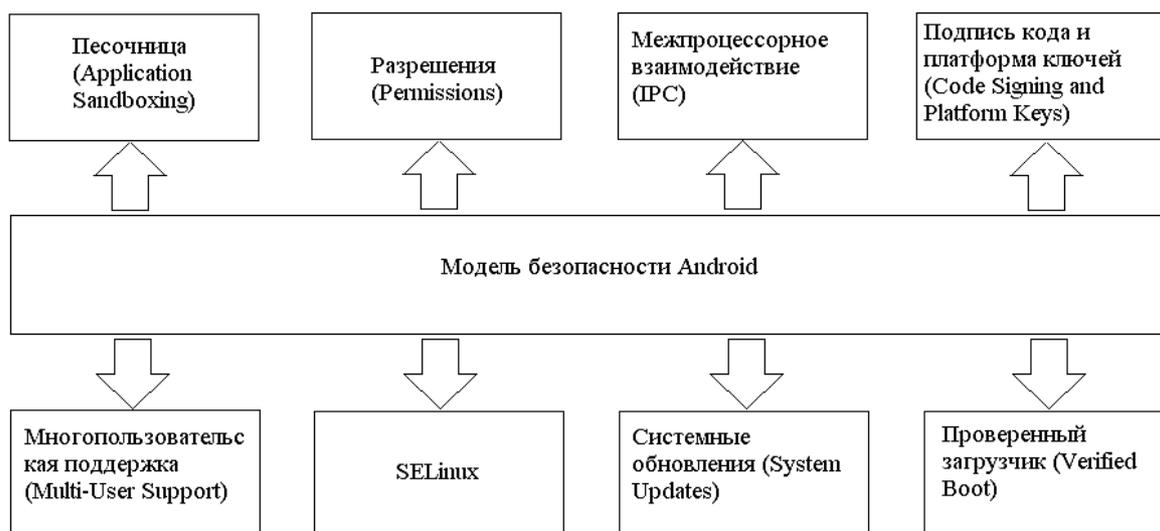


Рис. 4. Модель безопасности мобильной системы

- Песочница;

Программы изолируются, как на уровне процесса (выделяется отдельный процесс), так и на уровне файлов (выделяется отдельный каталог).

- Разрешения;

Мобильная система может присвоить дополнительные права - разрешения, чтобы программа могла расширить свой функционал. Они могут контролировать доступ к драйверам, Интернет соединению, данным или сервисам операционной системы.

- IPC;

В мобильной системе обмен сигналами и данными между процессами организован с помощью фреймворка межпроцессного взаимодействия (Inter-Process Communication) Binder.

- Подпись кода и платформа ключей;

Все программы мобильной системы должны быть подписаны их разработчиком, в том числе системных программы.

- Многопользовательский режим;

Этот режим дает возможность использовать устройство несколькими пользователями и при этом у каждого будет свое отведенное пространство, ресурсы, которые недоступны остальным.

- SELinux;

Система SELinux построена на этой основе (а также на основе 15 лет исследований NSA в области безопасности ОС), но добавляет еще один уровень безопасности, называемый «мандатное управление доступом» (Mandatory Access Control, MAC).

- Системные обновления;
- Проверенный загрузчик.

В настоящее время существует большое количество антивирусного программного обеспечения. Оно работает на основе сигнатурного анализа, следовательно, вредоносное программное обеспечение которого нет в базе сигнатур или они не обновлялись по какой-либо причине не будет обнаружено. Сам процесс обнаружения, выявления и добавления сигнатуры в базы антивирусов довольно кропотлив и занимает большое количество времени.

В частности используется способ защиты от вредоносного программного обеспечения на основе разрешений, которые устанавливаемая программа запрашивает на этапе установки, но далеко не каждый пользователь анализирует выдаваемый список запроса.

Выводы. Следовательно, можно сделать вывод в том, что система не имеет эффективных средств защиты от вредоносного программного обеспечения.

Анализ статистики, существующих угроз, а также структуры модели безопасности мобильной системы можно сделать вывод, что актуальность исследований в сфере мобильной системы находится на высоком уровне, так как эти системы активно развиваются, наращиваются возможности и функции. Непрерывно увеличивается количество вредоносных программ. При этом методы сигнатурного анализа эффективно работают, однако идентифицировать и устранить новое вредоносное программное обеспечение не способны. На основании изложенного выше, необходимо сделать вывод о разработке новых интеллектуальных методов аппаратно-программных средств защиты информации в устройствах мобильной связи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kaspersky Security Bulletin 2014. Основная статистика за 2014 год [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <http://securelist.ru/analysis/24580/kaspersky-security-bulletin-2014-osnovnaya-statistika-za-2014-god/> (дата обращения: 20.10.2015)
2. Kaspersky Security Bulletin 2014. Прогнозы на 2015 год [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <https://securelist.ru/analysis/24575/kaspersky-security-bulletin-2014-prognozy-na-2015-god/> (дата обращения: 21.10.2015)
3. Пострадали десятки тысяч клиентов «Сбербанка» по всей стране [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/sbarbank-android-users-hacked-and-robbed-by-trojan.html> (дата обращения: 10.11.2015)
4. Мобильные угрозы [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <http://www.kaspersky.ru/internet-security-center/threats/mobile> (дата обращения: 20.10.2015)
5. Безопасность мобильных устройств [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <http://www.osp.ru/win2000/2014/01/13039202/> (дата обращения: 30.10.2015)
6. AV-Comparatives: Антивирусы для Android: Март 2015 [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <http://www.comss.ru/page.php?id=2424> (дата обращения: 20.11.2015)
7. Враг в телефоне [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <https://securelist.ru/analysis/obzor/25150/vrag-v-telefone/> (дата обращения: 18.11.2015)
8. CVE-2011-1823 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://web.nvd.nist.gov/view/vuln/detail?vulnId=CVE-2011-1823> (дата обращения: 20.11.2015)
9. CVE-2009-1185 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://web.nvd.nist.gov/view/vuln/detail?vulnId=CVE-2009-1185> (дата обращения: 20.11.2015)
10. Уязвимости платформы Android. Настоящее и будущее [Электронный ресурс]. Систем. требования: браузер. URL: <http://habrahabr.ru/company/drweb/blog/142993/> (дата обращения: 25.10.2015)

Zhernakov S.V., Gavrilov G.N.**THE PRESENT STATE OF INFORMATION SECURITY IN MOBILE SYSTEM**

This article examined mobile systems in terms of data protection. Statistical analysis was performed threats to mobile systems. Also, a review was undertaken of modern vulnerabilities, and the model of the mobile security system. According to the analysis of statistics, current threats and discussed the security model were made conclusions about the relevance of research in this area.

Key words: mobile system vulnerabilities, security model, Android.

Жернаков Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электроники и биометрических технологий.

Уфимский государственный авиационный технический университет.

Адрес: Россия, Республика Башкортостан, 450000, Уфа, ул. Карла Маркса, 12.

E-mail: zhsviit@mail.ru

Гаврилов Григорий Николаевич, аспирант кафедры электроники и биометрических технологий

Уфимский государственный авиационный технический университет.

Адрес: Россия, Республика Башкортостан, 452170, поселок Чишмы, ул. Ленина, д. 15.

E-mail: grigorijgavrilov@mail.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Мамаев В.В., специалист,

Новиков С.А., специалист,

Петров С.И., канд. физ.-мат. Наук, руководитель лаборатории
ЗАО «Научное и технологическое оборудование», г. Санкт-Петербург

Зайцев С.В., инженер-исследователь,

Прохоренков Д.С., инженер-исследователь

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЕВ GaN И AlGaN С ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ДИСЛОКАЦИЙ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АММИАКА*

petrov@semiteq.ru

Представлены результаты выращивания нитридных наногетероструктур методом МЛЭ с использованием аммиака на отечественной установке STE3N. Показано, что использование высокотемпературных буферных слоев AlN/AlGaN, выращенных на сильно рассогласованных подложках при использовании аммиака и экстремально высокой температуре (до 1150°C) и оптимизация условий роста позволяют кардинально улучшить структурное совершенство активных слоев и понизить плотность дислокаций в них до значений $(4-5) \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$ в слое $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($x=0.5$) и $(8-10) \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$ в слое GaN.

Ключевые слова: нитридные гетероструктуры AlN, AlGaN, оптоэлектронные приборы УФ-диапазона, СВЧ транзисторы, плотность дислокаций.

Введение. Уникальные свойства нитридов галлия, алюминия, индия и их твердых растворов делают их наиболее подходящими материалами для изготовления транзисторов с высокой подвижностью электронов, сочетающих в себе высокие рабочие частоты и высокие удельные мощности [1]. Особо отмечаются эффекты спонтанной и пьезоэлектрической поляризации, которые приводят к повышению концентрации двумерного электронного газа. Прямозонная структура энергетических зон позволяет проектировать и создавать оптоэлектронные приборы, работающие в широком спектральном диапазоне [2].

Наиболее распространенными методами на сегодняшний день являются: химическое осаждение из газовой фазы (МОГФЭ), молекулярно-лучевая эпитаксия с плазменной активацией азота (РАМВЕ) и аммиачная молекулярно-лучевая эпитаксия (NH₃ МВЕ, аммиачная МЛЭ). В слоях, выращиваемых при помощи МОГФЭ, плотность дислокаций в среднем на порядок-полтора меньше, чем в слоях, получаемых при помощи молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ). Уменьшение плотности дислокаций, связано с характерными для МОГФЭ более высокими температурами подложки, что выражается в лучшей, по сравнению с МПЭ, коалесценцией зародышевых блоков на начальном этапе роста. В методе МПЭ условие сохранения

высокого вакуума для обеспечения пролета частиц без столкновений (режима баллистического пролета) не позволяет увеличить отношение V/III до значений сравнимых с МОГФЭ, и увеличение температуры роста ограничено термическим разложением материала.

На данный момент основной технологией для массового производства светодиодов является МОГФЭ, что связано с меньшей плотностью дислокаций в получаемых слоях. При этом на низкодислокационных “квази-подложках” GaN методом МПЭ были получены опытные образцы конкурентоспособных светодиодов и лазеров, что делает данный подход привлекательным для получения более сложных гетероструктур. В тоже время, результаты по получению гетероструктур GaN/AlGaN для мощных и малощумящих полевых СВЧ-транзисторов, выращиваемых как методом МОГФЭ, так и при помощи МПЭ на сегодняшний день сопоставимы [3, 4].

Экспериментальная часть. Многослойные гетероструктуры выращивались на подложках Al₂O₃ (0001) в Прикладной лаборатории ЗАО «НТО» на отечественных установках МЛЭ STE3N, разработанными и созданными в ЗАО «НТО» (SemiTEq). Уникальными особенностями данной установки является расширенный диапазон температур подложки и отношений V/III. В частности, благодаря криопанелям уве-

личенной площади и усиленной системе откачки в ростовой камере обеспечивается вакуум не хуже $5 \cdot 10^{-3}$ Па при увеличении температуры подложки до 970°C при потоке аммиака $400 \text{ см}^3/\text{мин}$. В результате дополнительной модернизации узла нагрева образца диапазон достижимых температур подложки был увеличен до 1200°C , что позволило заметно улучшить свойства слоев AlN и многослойных гетероструктур AlN/AlGaIn.

В качестве основного инструмента для *in situ* контроля скорости роста и состояния ростовой поверхности использовалась лазерная интерферометрия. Кроме того, на начальных стадиях роста активно использовалась отражательная дифракция быстрых электронов (ОДБЭ). Свойства выращенных образцов исследовались при помощи атомно-силовой микроскопии (AFM), рентгеновской дифрактометрии (XRD), вольт-емкостных (300 К) и температурно-зависимых Холловских измерений, сканирующего просвечивающего электронного микроскопа (STEM).

Поскольку базовым материалом для получения различных приборов в системе III-N является GaN, то при поиске оптимальных условий для выращивания приборных гетероструктур необходимо в первую очередь ориентироваться на его свойства.

Для определения оптимальных условий роста слоев GaN необходимо вначале определить технологический диапазон температур подложки и отношений V/III при аммиачной молекулярно-лучевой эпитаксии нитрида галлия, а затем исследовать влияние условий роста внутри технологического диапазона на свойства GaN.

Наиболее важной и характерной точкой в диапазоне отношений V/III при росте соединений A^3B^5 является переход из режима обогащения ростовой поверхности компонентой V группы в режим обогащения компонентой III группы. Данный переход из Ga-обогащенного в N-обогащенный режим роста определен путем измерения скорости роста при температуре 800°C (ниже начала заметного испарения GaN в вакууме, характерном для МПЭ при выключенном потоке аммиака – 10^{-6} Па), для предотвращения влияния температуры на скорость роста вследствие термического разложения. При потоке галлия, соответствующем скорости роста $1 \text{ мкм}/\text{час}$ в N-обогащенном режиме, переход из Ga-обогащенного в N-обогащенный режим роста происходит при потоке аммиака $\sim 10 \text{ см}^3/\text{мин}$. Увеличение потока аммиака от $10 \text{ см}^3/\text{мин}$ до $400 \text{ см}^3/\text{мин}$ не приводит к изменению скорости роста, указывая на то, что рост происходит в N-обогащенных условиях.

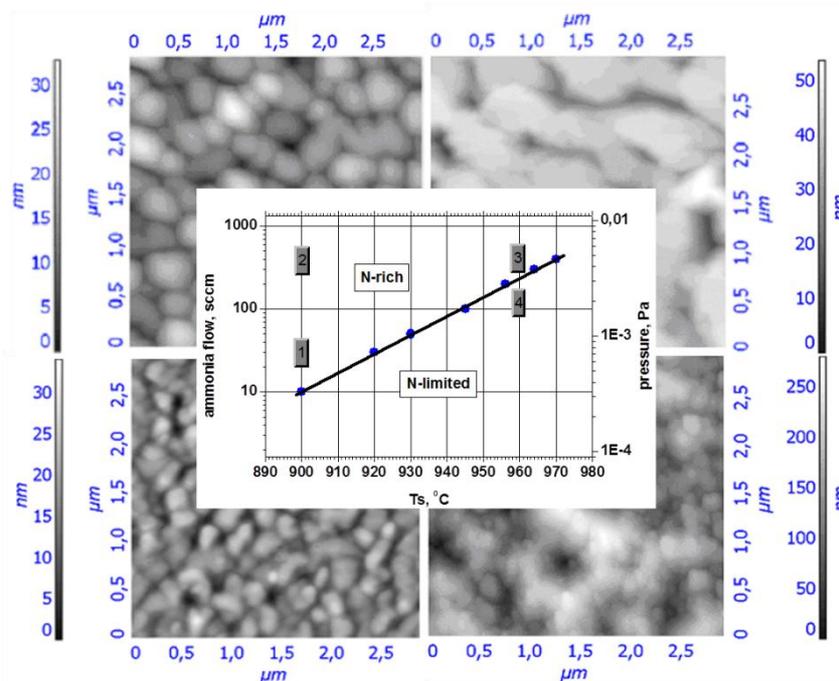


Рис. 1. Изображения поверхности слоев GaN толщиной 1 мкм, выращенных при различных температурах и потоках аммиака, полученные при помощи атомно-силовой микроскопии. На вставке показана зависимость температуры начала заметного разложения GaN во время роста от потока аммиака и характерные режимы роста

Далее исследовано влияние температуры подложки на скорость роста GaN в N-обогащенном режиме при температурах, при

которых может происходить заметное термическое разложение. Поскольку азот является более летучей компонентой по сравнению с галлием,

то начало термического разложения GaN определяется потоком аммиака над поверхностью растущего слоя. Определено, что при увеличении потока аммиака от $10 \text{ см}^3/\text{мин.}$ до $400 \text{ см}^3/\text{мин.}$ температура начала заметного уменьшения скорости роста GaN, связанного с термическим разложением увеличивается от $900 \text{ }^\circ\text{C}$ до $970 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 1). По сути, уменьшение скорости роста GaN при уменьшении потока аммиака при заданной температуре роста означает переход в N-обедненные условия. При этом, аналогичное уменьшение скорости роста при повышении температуры роста выше границы заметного термического разложения при заданном потоке аммиака также означает переход в N-обедненные условия. Обнаружено, что при увеличении температуры подложки от $900 \text{ }^\circ\text{C}$ до $960 \text{ }^\circ\text{C}$ точка перехода из N-обедненного в N-обогащенный режим роста сдвигается с $15 \text{ см}^3/\text{мин}$ до $400 \text{ см}^3/\text{мин}$ (при потоке Ga, соответствующим скорости роста $1 \text{ мкм}/\text{час}$).

Исследовано влияние условий роста GaN, соответствующих наиболее характерным точкам технологического диапазона температур подложки и отношений V/III на структурное совершенство и морфологию поверхности. Слои GaN толщиной 1 мкм были выращены при различных температурах и потоках аммиака на сапфировых подложках, на которых перед этим были проведены следующие предварительные операции: нитридизация при потоке аммиака $30 \text{ см}^3/\text{мин}$ в течение 15 минут, выращивание тонкого зародышевого слоя AlN толщиной $10\text{--}20 \text{ нм}$ при температуре $900 \text{ }^\circ\text{C}$ и потоке аммиака $60 \text{ см}^3/\text{мин}$, а также его отжиг при $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 15 минут.

Исследовано влияние отношения элементов V/III в потоке при температуре подложки $900 \text{ }^\circ\text{C}$ на свойства нитрида галлия. Установлено, что для выращивания слоев GaN с гладкой морфологией поверхности методом молекулярно-пучковой эпитаксии с использованием аммиака в качестве источника азота необходимо осуществлять рост в N-обогащенных условиях ($V/III > 1$). Однако, дальнейшее повышение эффективного отношения элементов V/III в потоке внутри N-обогащенного диапазона не приводит к заметному изменению морфологии поверхности. При этом происходит увеличение латеральных размеров микрорельефа. Также, установлено, что выращивание слоев GaN в условиях нарушения режима баллистического пролета частиц в камере роста (при повышенных потоках аммиака при использовании меньшей мощности откачки) приводит к заметному развитию шероховатости поверхности.

Далее было исследовано влияние температуры роста на свойства нитрида галлия. Установлено, что увеличение температуры роста до значений, близких к началу заметного термического разложения растущего слоя приводит к улучшению структурного совершенства GaN, при этом происходит увеличение латеральных размеров микрорельефа поверхности при одновременном незначительном увеличении его вертикальных размеров. При уменьшении потока аммиака при заданной температуре роста, либо повышении температуры роста выше границы заметного термического разложения нитрида галлия при заданном потоке аммиака происходит переход в N-обедненные условия роста, сопровождающийся развитием шероховатости поверхности.

Таким образом, увеличение температуры роста слоев GaN до температуры близкой к началу термического разложения при одновременном увеличении потока аммиака позволяет улучшить свойства получаемого материала. Однако, даже увеличение температуры роста слоев GaN до экстремально высоких для МЛЭ температур ($960\text{--}970 \text{ }^\circ\text{C}$) не позволяет кардинально улучшить его свойства при использовании низкотемпературных тонких зародышевых слоев GaN или AlN. Для дальнейшего улучшения структурного совершенства необходимо увеличение поверхностной подвижности атомов за счет увеличения температуры роста. При этом, увеличение температуры выше температуры заметного термического разложения GaN приводит к ухудшению морфологии поверхности и уменьшению подвижности электронов. Вместе с тем термическое разложение AlN начинает происходить при больших температурах по сравнению с GaN, что позволяет увеличить температуру роста до достаточно высоких значений, при которых, однако, термического разложения AlN еще не происходит. В связи, с этим было предложено выращивать на начальном этапе роста относительно «толстый» слой AlN при экстремально высокой для МПЭ температуре.

При оптимизации условий выращивания начальных слоев AlN использовались слои толщиной 200 нм . Структурное совершенство этого слоя чрезвычайно важно для совершенства всей последующей структуры. Поэтому для выращивания слоя AlN использовалась температура нагревателя образца, которая с одной стороны не приводит к его значительному износу, а с другой стороны обеспечивает экстремально высокую температуру подложки – $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Улучшение кристаллического совершенства многослойной гетероструктуры подтверждается данными рентгеновской дифракции: значения по-

луширин пиков (0002) слоев AlN и GaN уменьшаются в 1,5–2 раза при увеличении температуры роста слоя AlN. При исследовании ОДБЭ в течение начального этапа роста установлено, что увеличение температуры подложки приводит к более быстрому переходу из трехмерного в двумерный режим роста (переход из точек в тяжи при наблюдении ОДБЭ). Кроме того, при использовании меньшей температуры роста даже после перехода в тяжи на них остаются утолщения, что свидетельствует о более грубой поверхности по сравнению с выращиванием AlN при повышенной температуре.

При выращивании на «толстых» слоях AlN слоев AlGaN или GaN необходимо использовать специальные технологические приемы для снижения влияния напряжений, вызванных различием в параметрах решетки. Для этой цели между слоями AlN, AlGaN и GaN можно использовать слои градиентного состава, либо многопериодные комбинации тонких слоев $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$ (сверхрешеточных структур – СР). Установлено, что использование второго варианта, СР $Al_xGa_{1-x}N/Al_yGa_{1-y}N$, позволяет получить слои AlGaN и GaN с более высоким структурным совершенством.

Было исследовано влияние указанных режимов роста на свойства слоев AlGaN. Увеличение содержания Al в тройном растворе Al_xGa_{1-x}

N от $x=0.3$ до $x=0.5$ при помощи выравнивания потоков галлия и алюминия приводит к уменьшению шероховатости поверхности и улучшению структурных свойств. При этом, увеличение содержания Al при помощи увеличения температуры роста выше температуры заметного термического разложения приводит к увеличению шероховатости поверхности и снижению структурных свойств.

Результаты. Для улучшения качества структур предложен способ получения низкодислокационных буферных слоев AlN/сверхрешетка/AlGaN, выращенных при экстремально высоких температурах.

Выращивание на начальной стадии роста слоев AlN толщиной более 200 нм при температуре 1150 °С на подложке, а затем выращивание переходных областей AlGaN, включая сверхрешетки, при температуре 900–920 °С привело к улучшению свойств всей структуры. Оптимизация сверхрешетки AlN-AlGaN состояла в подборе параметров (шаг, состав, температура) позволяющих сохранить высокий процент алюминия в твердом растворе, при этом обеспечивающих схлопывание прорастающих дислокаций путем загиба их на гетерограницах. Итоговая оптимизация позволила выйти на твердый раствор AlGaN с содержанием алюминия 50 % при сохранении 2D режима роста.

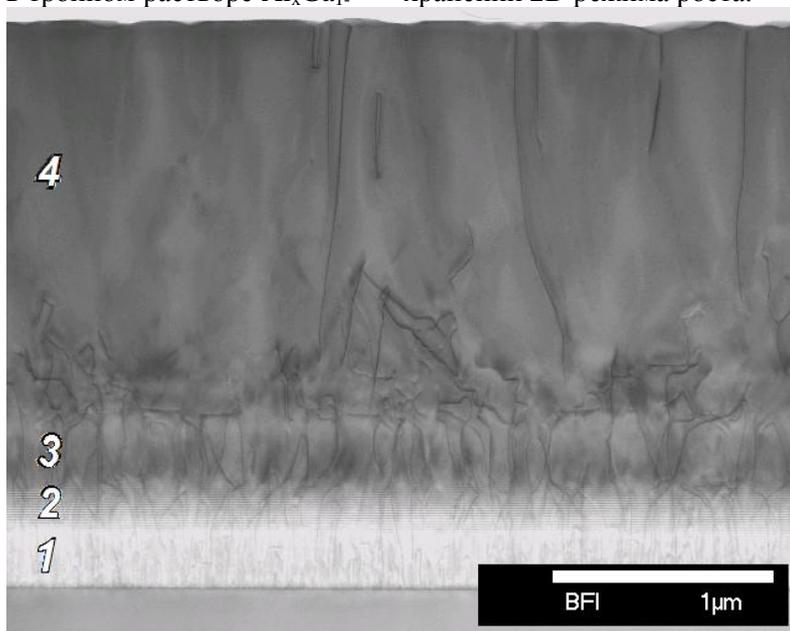


Рис. 2. Изображение скола многослойной гетероструктуры полученное с помощью STEM; указаны слои 1 – AlN; 2 – SLS; 3 – $Al_{0.5}Ga_{0.5}N$; 4 – GaN

При помощи сканирующей просвечивающей электронной микроскопии (STEM) получено изображение гетероструктуры, состоящей из слоев AlN, сверхрешетки AlN-AlGaN, $Al_{0.5}Ga_{0.5}N$, GaN (рис. 2). Установлено, что плотность дислокаций находится на уровне (2–

$4 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$, $(3-5) \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$, $(8-10) \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$ для слоев AlN, AlGaN, GaN соответственно.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ 14-41-08048 р_офи_м и Программы стратегического развития БГТУ им В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shur M.S., Solid-State Electronics, 42 (12), 2131 (1998).
2. Ambacher O. Growth and applications of Group III-nitrides. J. Phys. D: Appl. Phys., 31, 2653 (1998).
3. Su Y.K., Chang S.J., Kuan T.M., Ko C.H., Webb J.B., Lan W.H., Cherng Y.T., Chen S.C.. Materials Science and Engineering B 110, 172 (2004).
4. J.B. Webb, H. Tang, J.A. Bardwell, Y. Liu, J. Lapointe, T. MacElwee. Phys.stat.sol.(a). 194 (2), 439 (2002).

Mamaev V.V., Petrov S.I., Novikov S.A., Zaycev S.V., Prohorenkov D.S.**GROWTH OF LOW DISLOCATION GaN AND AlGaN layers by ammonia mbe**

The results of use of STE3N MBE System for growth of nitride nanoheterostructures by MBE using ammonia are presented. It is shown that the use of high-temperature AlN/AlGaN buffer layers grown using ammonia at extremely high temperatures (up to 1150 °C) and growth mode optimization allow to improve drastically the structural quality of the active layers and reduce dislocation density down to $(4-5) \cdot 10^9 \text{ cm}^{-2}$ in $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($x=0.5$) and $(8-10) \cdot 10^8 \text{ cm}^{-2}$ in GaN.

Key words: nitride heterostructures, AlN, AlGaN, UV optoelectronic devices, microwave transistors, dislocation density.

Мамаев Виктор Викторович, специалист.

Закрытое акционерное общество «Научное и технологическое оборудование».

Адрес: Россия, 194156, Санкт-Петербург, пр. Энгельса, д. 27.

Новиков Сергей Андреевич, специалист.

Закрытое акционерное общество «Научное и технологическое оборудование».

Адрес: Россия, 194156, Санкт-Петербург, пр. Энгельса, д. 27.

Петров Станислав Игоревич, руководитель лаборатории

Закрытое акционерное общество «Научное и технологическое оборудование».

Адрес: Россия, 194156, Санкт-Петербург, пр. Энгельса, д. 27.

E-mail: petrov@semiteq.ru

Прохоренков Дмитрий Станиславович, инженер-исследователь Центра высоких технологий.

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

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

E-mail: dmpro@rambler.ru

Зацев Сергей Викторович, инженер-исследователь Центра высоких технологий.

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

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

*Бондаренко Н.И., аспирант,
Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,
Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.,
Тимошенко Т.И., канд. техн. наук, доц.,
Буришина Н.А., магистрант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

БЕТОНЫ С ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНАТНЫХ ЦЕМЕНТОВ, ОПЛАВЛЕННЫЕ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУЕЙ

bondarenko-71@mail.ru

Защитные и декоративные покрытия существенно повышают эксплуатационные и эстетические показатели изделий. Плазменные технологии получения защитно-декоративных покрытий являются высокоэффективными, энергосберегающими и экологически чистыми.

В статье представлены результаты исследований влияния плазменной струи на защитно-декоративные покрытия на основе алюминатных цементов. Установлено, что основными фазами алюминатного цемента являются шпинель $MgAl_2O_4$ и однокальциевый алюминат $CaAl_2O_4$. После плазменной обработки за счёт процессов термодиффузии образуются обращённые шпинели и шпинели нестехиометрического состава.

Ключевые слова: *защитно-декоративные покрытия, алюминатный цемент, шпинели, плазменная струя.*

Защитные и декоративные покрытия существенно повышают эксплуатационные и эстетические показатели изделий [1–4].

Плазменные технологии получения защитно-декоративных покрытий являются высокоэффективными, энергосберегающими и экологически чистыми [5].

Их используют при плазменной обработке бетонов, стеновой керамики, композиционных материалов, получения стекломикрошариков и др. [6–9].

Высокие температуры плазменного факела интенсифицируют процессы образования и накопления стеклофазы. Однако процессы де-

гидратации гидросиликатов приводят к образованию микротрещин в поверхностном слое бетона, что снижает такие эксплуатационные показатели, как прочность сцепления покрытия с основой и морозостойкость.

С целью минимизации термоудара и процессов дегидратации нами разработаны покрытия на основе жаростойкого алюминатного цемента с боем тарных стёкол различного фракционного состава.

В качестве исходных материалов использовали алюминатный цемент Пашийского завода, химический состав которого представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав алюминатного цемента, мас. %

Al_2O_3	MgO	CaO	V_2O_5	SiO_2	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	Cr_2O_3
64,99	21,34	11,83	1,12	0,29	0,15	0,05	0,05	0,01

Высокотемпературным источником служил электродуговой плазмотрон «Мультиплаз 2500» с температурой плазменной струи 5000 К.

С использованием метода РФА был исследован фазовый состав исходного алюминатного цемента (рис. 1)

Как видно из рис. 1, основными фазами алюминатного цемента были шпинель состава $MgAl_2O_4$ и однокальциевый алюминат $CaAl_2O_4$. Чистый алюминатный цемент затворяли при В/Ц = 0,3 и формовали в виде кубиков 20x20x20 мм и после 78 суток исследовали фазовый состав (рис. 2).

В гидратированном алюминатном цементе помимо шпинели $MgAl_2O_4$, однокальциевого

алюмината $CaAl_2O_4$ и диалюмината кальция $CaAl_4O_7$ обнаружен продукт гидратации $CaAl_2O_4 \cdot 10H_2O$, что согласуется с данными ряда исследований [10].

Ранее приготовленные кубики оплавливали плазменной струей. Под воздействием плазменной струи поверхность полностью оплавливалась. Для исследования методом РФА фазового состава послойно сошлифовали поверхностные слои.

Верхний слой, толщиной до 2 мм, представлен аморфной фазой (рис. 3), в частности Са-Мг-Аl стеклом (рис. 3).

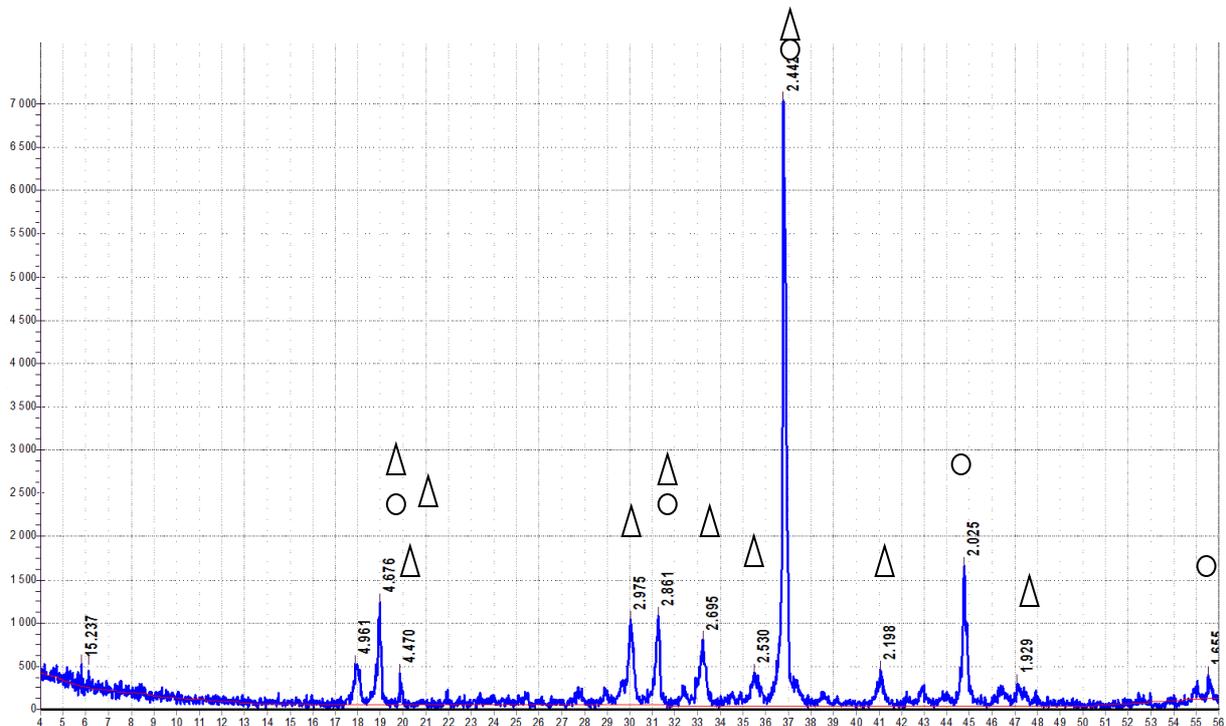


Рис. 1. Порошковая рентгеновская дифрактограмма алюминатного цемента:
○ – $MgAl_2O_4$; Δ – $CaAl_2O_4$

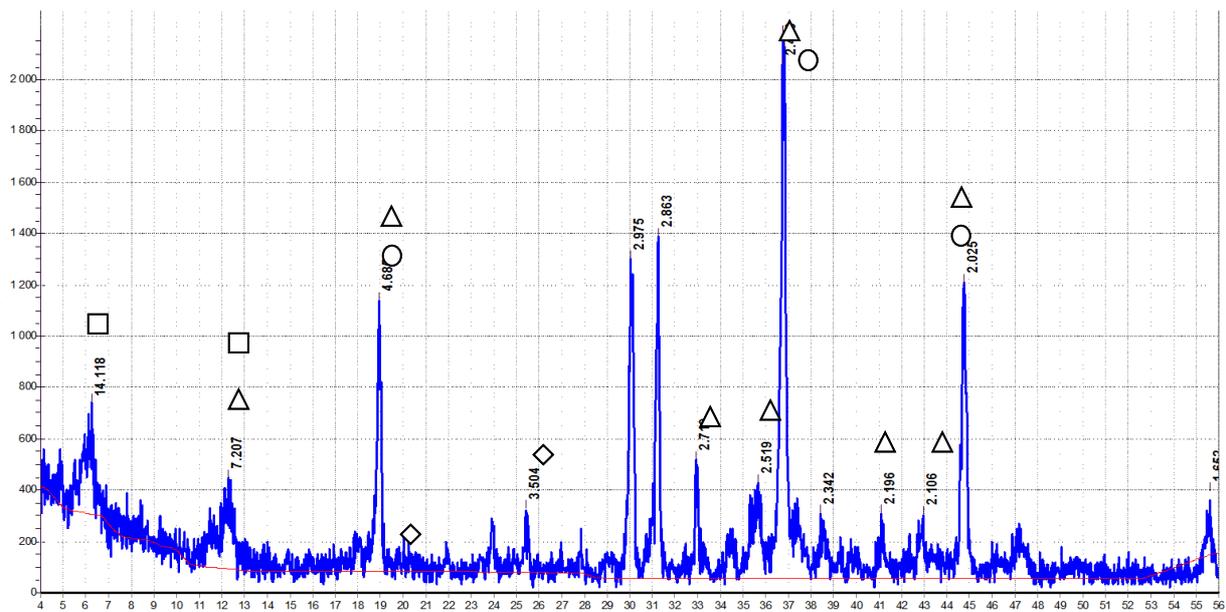


Рис. 2. Порошковая рентгеновская дифрактограмма гидратированного алюминатного цемента:
○ – $MgAl_2O_4$; Δ – $CaAl_2O_4$; ◇ – $CaAl_4O_7$; □ – $CaAl_2O_4 \cdot 10H_2O$

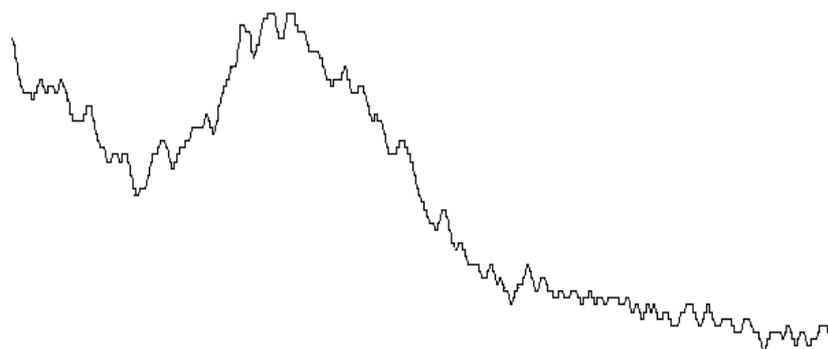


Рис. 3. Порошковая рентгеновская дифрактограмма оплавленного слоя

В более глубоких слоях оплавленного слоя, расположенными за аморфным остеклованным слоем, помимо CaAl_2O_4 были идентифицированы шпинели состава $\text{Mg}_{0,4}\text{Al}_{2,4}\text{O}_4$; $(\text{Mg}_{0,68}\text{Al}_{0,32})(\text{Al}_{0,84}\text{Mg}_{0,16})\text{O}_4$ и $\text{MgAl}_{1,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_4$. Плазменная струя инициирует процессы диффузии с образованием выше указанных фаз.

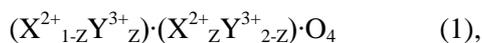
Как известно, шпинели характеризуются кубической элементарной решёткой, содержащей 8 формульных единиц. Структура шпинели представлена плотнейшей кубической упаковкой из анионов кислорода, в которой на 32 аниона кислорода в каждой элементарной ячейке приходится 32 октаэдрические и 64 тетраэдрические пустоты. Из этих 96 пустот только 8 тетраэдрических и 16 октаэдрических заняты катионами металлов, т.е. кислородные узлы заняты полностью, октаэдрические на одну вторую, а тетраэдрические – на одну восьмую.

В случае нарушения стехиометрии, данные соотношения между занятыми и вакантными узлами не соблюдаются. В зависимости от того, как катионы металлов распределяются по октаэдрическим и тетраэдрическим положениям различают нормальные, обращённые и смешанные шпинели [11].

В нормальных шпинелях трёхзарядные катионы Y^{3+} расположены в октаэдрических пустотах, а двухзарядные X^{2+} – в тетраэдрических. Структурная формула этих шпинелей обычно записывается в виде $\text{X}^{2+}_{[4]}\text{Y}^{3+}_{[6]}\text{O}_4$, где индексы в квадратных скобках означают координационное число по кислороду. Как было отмечено ранее, в исходном алюминатном цементе нами обнаружена нормальная шпинель состава MgAl_2O_4 .

Особенностью обратных шпинелей является то, что катионы X^{2+} и одна часть катионов Y^{3+} находятся в октаэдрических пустотах, а другая – в тетраэдрических, что соответствует формуле $\text{X}^{2+}_{[6]}\text{Y}^{3+}_{[4]}\text{Y}^{3+}_{[6]}\text{O}_4$. В нашем случае в поверхностных слоях алюминатного цемента оплавленного плазменной струёй обнаружены соединения $\text{MgAl}_{1,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_4$.

В смешанных шпинелях катионы двух – и трёхвалентных металлов могут одновременно находиться как в октаэдрических, так и в тетраэдрических положениях. Общая структурная формула таких шпинелей записывается в виде



где параметр z определяет долю катионов Y^{3+} расположенных в тетраэдрических положениях и служит мерой (степенью) обращённости шпинели. Так при $z = 0$ – нормальная шпинель, а при $z = 1$ – обратная шпинель [12]. После обработки плазменной струёй в гидратированном алюми-

натном цементе обнаружены соединения $(\text{Mg}_{0,68}\text{Al}_{0,32})(\text{Al}_{0,84}\text{Mg}_{0,16})\text{O}_4$.

По Преседскому шпинелям свойственны два типа нарушений стехиометрии – δ и γ . δ – нестехиометрия отражает дефицит или избыток кислорода, γ – нестехиометрия указывает на разбалансирование в соотношении между катионными составляющими кристалла, проявляющаяся при удалении из кристалла или присоединении к нему одного из оксидов. В данном случае специфика дефектообразования возникает при γ – нестехиометрии под воздействием высоких температур [13].

Высокие температуры плазменной струи вызывают в алюминатном цементе γ – нестехиометрию с образованием шпинели состава $\text{Mg}_{0,4}\text{Al}_{2,4}\text{O}_4$.

Обычно природные шпинели являются нормальными, а синтетические – обращёнными и смешанными, вследствие того, что под действием высоких температур из кристалла уходит X^{2+} с образованием γ – нестехиометрии [12]. В алюмомагниевого шпинели при температуре свыше 1000 °С наблюдается значительный избыток Al_2O_3 , вследствие чего соотношение между оксидами выходит из подчинения закону эквивалентов.

Систему, в которой один оксид в избытке, а другой в дефиците, а шпинельная фаза сохраняет свою структуру и остаётся гомогенной, логично рассматривать как твёрдый раствор, в котором растворителем является сама шпинель, а растворённым компонентом – избыточный оксид.

Растворимость соединений типа $\text{X}^{2+}\text{Y}^{3+}_2\text{O}_4$ во много раз превышает растворимость оксидов типа XO .

При температуре 1900 °С алюмомагниевого шпинель имеет предельный состав $0,16\text{MgO} \cdot 1,28\text{Al}_2\text{O}_3$, где оксид магния оказывается в дефиците, а оксид алюминия в избытке по сравнению со стехиометрическим составом.

Сходство структур и параметров решётки многих шпинелей обуславливается способностью образования между ними твёрдых растворов замещения (шпинелидов) [15].

Неограниченная растворимость установлена для MgAl_2O_4 и MgCr_2O_4 ; FeCr_2O_4 и FeFe_2O_4 . Полная изоморфная смешиваемость наблюдается в шпинелях между Mg^{2+} и Fe^{2+} ; алюминий может замещаться Fe^{3+} и Cr^{3+} .

Таким образом, в слое расположенном под оплавленной аморфной поверхностью обнаружены различные типы шпинелей, что указывает на сложные структурные изменения, возникающие за счёт термодиффузии под воздействием плазменной струи табл. 2.

Таблица 2

Шпинели, идентифицированные после плазменной обработки

Составы	Интенсивность, %	Межплоскостное расстояние, Å						
MgAl ₂ O ₄	100	2,437	65	2,02	45	1,555	35	4,66
MgAl _{1,94} Fe _{0,1} O ₄	100	2,439	55	2,022	44	1,557	48	4,67
(Mg _{0,68} Al _{0,32})(Al _{0,84} Mg _{0,16}) ₂ *	100	2,438	50	2,021	40	1,556	30	4,668
Mg _{0,4} Al _{2,4} O ₄	100	2,439	32	2,022	17	1,557	50	4,67

* – шпинель с различным замещением кристаллографических позиций Mg²⁺Al³⁺

Под воздействием плазменной струи происходит дегидратации соединения CaAl₂O₄·10H₂O, а также сложные твёрдофазные реакции.

С использованием РФА были идентифицированы также фазы, как 3(CaO)·Al₂O₃·6H₂O. Это согласуется с данными Рамачандрана, который отмечал, что помимо основной цементной составляющей САН₁₀ в алюминатном цементе могут образовываться также метастабильные гидраты, как С₂АН₈ и С₄АН₁₃, которые переходят в стабильный кубический С₃АН₆ [10].

В процессе плазменного оплавления расплав разогревается до 2000 °С, что интенсифицирует процессы термодиффузии и испарения. Известно, что при термическом воздействии испаряется, прежде всего, оксид магния, способность которого к испарению значительно выше по сравнению с оксидом алюминия [14].

С использованием рентгенофлуоресцентного метода анализа установлено, что содержание оксида магния снизилось с 21,34 % до 19,17 %, а оксид магния с 11,83 % до 9,31 %. Содержание оксида алюминия возросло до 69,7 %. Таким образом, установлены закономерности послойного изменения структуры и фазового состава защитно-декоративных покрытий на основе алюминатных цементов при плазменной обработке. Верхний слой представлен Al-Ca-Mg стеклом, в котором наблюдается дефицит оксидов магния и кальция по сравнению с матричным составом. В более глубоких слоях образуются смешанные и обращённые шпинели и протекают процессы дегидратации гидроалюминатов.

Защитно-декоративные покрытия на основе алюминатных цементов обладают высокой прочностью сцепления покрытия с основой, достигающей 3,1 МПа и морозостойкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Пучка О.В., Вайсера С.С., Елистраткин М.Ю. Новое поколение строительных композитов на основе пеностекла // Строительство и реконструкция. 2015. №3 (59). С. 146–154.
2. Dalai S., Vijayalakshmi S., Shrivastava P., Sivam S.P., Sharma P. Effect of co loading on the hydrogen storage characteristics of hollow glass microspheres (HGMS) // International Journal of Hydrogen Energy. 2014. Т.39. №7. С. 3304–3312.
3. Пучка О.В., Сергеев С.В., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные стеклокомпозиты на основе техногенного сырья. Плазмохимические методы нанесения покрытий на поверхность пеностекла. Белгород: Изд. БГТУ. 2013. 187 с.
4. Пучка О.В., Минько Н.И., Лесовик В.С. Высокоэффективные теплоизоляционные конструкционные материалы нового поколения / Научные и инженерные проблемы строительной технологической утилизации техногенных отходов: сб. материалов конф. // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. (Белгород, 15–23 марта 2014 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 166–173.
5. Нарцев В.М., Прохоренков Д.С., Осипенко Н.В., Зайцев С.В., Евтушенко Е.И. Исследование свойств ПЮХ-покрытий формируемых с использованием вакуум-плазменных технологий // Фундаментальные исследования. 2012. №11. С. 1195–1200.
6. Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Лесовик В.С., Кротова О.В., Гащенко Э.О. Энергосберегающая технология получения стеклометаллических композиционных микрошариков методом плазменного распыления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 146–148.

7. Бессмертный В.С., Пучка О.В., Кеменов С.А., Бондаренко Н.И. Плазмохимическая модификация стеновых строительных материалов с отходами обогащения железистых кварцитов КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 21–24.

8. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А., Подлозный Э.Д., Науменко Н.Н. Плазменное оплавление строительных композитов. М.: Изд. АСВ, Иваново: ИГАСУ. 2009. 228 с.

9. Бессмертный В.С., Бондаренко Н.И., Стадничук В.И., Вдовина С.Ю. Получение защитно-декоративных покрытий на изделиях из бетона методом плазменного напыления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 121–123.

10. Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. Под ред. В.Б. Ратинова. Пер. с англ. М., Стройиздат, 1977. 408 с.

11. Гегузин Я.Е. Очерки о диффузии в кристаллах. М.: Наука, 1974. 252 с.

12. Торопов Н.А. Введение в химию полупроводников. М.: Высшая школа, 1975. 333 с.

13. Ковтуненко П.В. Влияние γ – нестехиометрии на обращение шпинели // Стекло и керамика. 1997. №8. С. 12–18.

14. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир. 1974. 325 с.

15. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высшая школа, 1988. 400 с.

Bondarenko N. I., Bessmertny V. S., Borisov I. N., Tymoshenko T.I., Burshina N. A.
THE CONCRETE WITH PROTECTIVE AND DECORATIVE COVERINGS ON THE BASIS OF ALYUMINATNY CEMENTS WHICH ARE MELTED OFF BY THE PLASMA STREAM

Protective and decorative coverings significantly raise operational and esthetic indicators of products. Plasma technologies of receiving protective and decorative coverings are highly effective, energy saving and environmentally friendly.

Results of researches of influence of a plasma stream on protective and decorative coverings on a basis the alyuminatnykh of cements are presented in article. It is established that the main phases of alyuminatny cement are $MgAlO_4$ spinel and one-calcic $CaAl_2O_4$ aluminate. After plasma processing due to processes of thermal diffusion are formed the turned spinels and spinels of nestekhiometric structure.

Key words: *protective and decorative coverings, alyuminatny cement, spinels, plasma stream.*

Бондаренко Надежда Ивановна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики.

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

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

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

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

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

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

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Борисов Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

Тимошенко Татьяна Ивановна кандидат технических наук, доцент кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

E-mail: Timoshenko_bstu@mail.ru

Буршина Наталья Александровна, магистрант кафедры технологии стекла и керамики.

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

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

E-mail: natalya.burschina@yandex.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абакумов Р. Г., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ И КЛЮЧЕВЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

abakumovrg2000@mail.ru

В статье осуществлена постановка проблемы и проведено исследование взаимосвязи результатов воспроизводства основных средств с ключевыми макроэкономическими параметрами. Приводится группировка макроэкономических параметров, на основе результатов корреляционно-регрессионного анализа показателей за 2000–2014 гг. предложено детальное описание влияния факторов на состояние воспроизводства основных средств.

Ключевые слова: воспроизводство, основные средства, взаимосвязь, макроэкономические параметры.

Управление воспроизводством основных средств сталкивается с проблемой выбора ключевых факторов влияния, поскольку учёт всех факторов (как значимых, так и не очень) требует привлечения значительного объёма информации и сложных экономико-математических моделей. Очевидно, что для управления воспроизводством основных средств в реальных условиях требуется нахождение определённого баланса между степенью адекватности действительности, включающей всю совокупность факторов и возможностью получения оптимального управленческого решения, обеспечиваемое выделением ключевых факторов [2].

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость динамики показателей первой и второй группы:

1) зависимость доли валового накопления основного капитала в валовых сбережениях (У) от величины доли прибыльных организаций в

$$Y = 377,2 + 0,2 \cdot X_1 + 3,73 \cdot X_2 + 2,66 \cdot X_3 - 3,06 \cdot X_4 + 0,17 \cdot X_5 + 0,23 \cdot X_6 + 0,006 \cdot X_7 - 1,3 \cdot X_8 \quad (1)$$

Таким образом, увеличение доли прибыльных организаций в общем числе организаций на единицу увеличивает долю валового накопления основного капитала в валовых сбережениях на 0,2 процентных пункта, увеличение ставки рефинансирования на единицу увеличивает долю валового накопления основного капитала в валовых сбережениях на 3,73 процентных пункта, увеличение коэффициента монетизации на единицу увеличивает долю валового накопления основного капитала в валовых сбережениях на 2,66 процентных пункта, увеличение индекса потребительских цен на единицу снижает долю валового накопления основного капитала в

общем числе организаций (X1), ключевой ставки (X2), коэффициента монетизации (доля M2 в ВВП) (X3), индекса потребительских цен (X4), индекса производства машин и оборудования (X5), индекса производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования (X6), индекса производства транспортных средств и оборудования (X7), индекса физического объема работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» (X8) за период с 2000 года по 2014 год.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,97, которое показывает, что 97 % общей вариации доли валового накопления основного капитала в валовых сбережениях объясняется вариацией выбранных показателей.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

валовых сбережениях на 3,06 процентных пункта, увеличение индекса физического объема работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» на единицу снижает долю валового накопления основного капитала в валовых сбережениях на 1,3 процентных пункта.

Следовательно, наибольшее влияние на изменение доли валового накопления основного капитала в валовых сбережениях оказывает изменение ставки рефинансирования, коэффициента монетизации и индекса потребительских цен;

2) зависимость доли инвестиций в основные средства в ВВП (У) от величины доли инвести-

ций в основные средства в объеме инвестиций в нефинансовые активы (X1), индекса физического объема инвестиций в основные средства (X2), доля инвестиций организаций российской формы собственности в общем объеме инвестиций в основные средства (X3), доли инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основные средства (X4), доли привлеченных средств в

$$Y=0,23 \cdot X1 + 0,07 \cdot X2 - 0,27 \cdot X3 - 0,47 \cdot X4 + 0,47 \cdot X5 \quad (2)$$

Таким образом, увеличение доли инвестиций в основные средства в объеме инвестиций в нефинансовые активы на единицу увеличивает долю инвестиций в основные средства в ВВП на 0,23 процентных пункта, увеличение индекса физического объема инвестиций в основные средства, к предыдущему году на единицу увеличивает долю инвестиций в основные средства в ВВП на 0,07 процентных пункта, увеличение доли инвестиций организаций российской формы собственности в общем объеме инвестиций в основные средства на единицу уменьшает долю инвестиций в основные средства в ВВП на 0,27 процентных пункта, увеличение доли инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основные средства на единицу снижает долю инвестиций в основные средства в ВВП на 0,47 процентных пункта, увеличение доли привлеченных средств в общем объеме инвестиций в основные средства на единицу увеличивает долю инвестиций в основные средства в ВВП на 0,47 процентных пункта [5].

Следовательно, наибольшее влияние на изменение доли инвестиций в основные средства в ВВП оказывает изменение доли привлеченных средств в общем объеме инвестиций в основные средства и доли инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства в общем объеме инвестиций в основные средства.

Используя данные Федеральной службы государственной статистики и Центрального банка РФ, нами были определены экономические параметры наиболее взаимосвязанные с воспроизводством основных средств и экономическим ростом.

Первая группа параметров представлена данными ЦБ РФ:

– денежная масса M0 – наличные деньги в обращении. Несмотря на то, что крупные инвестиции не делаются наличностью, автором включен в анализ данный показатель, поскольку в РФ, в рассматриваемом промежутке времени в силу объективных причин, доля наличности довольно существенна (36 % – 37 %), кроме то-

общем объеме инвестиций в основные средства (X5), за период с 2000 года по 2014 год.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,98, которое показывает, что 98 % общей вариации доли инвестиций в основные средства объясняется вариацией выбранных показателей.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

го, это самая ликвидная часть и небольшие фирмы вполне могут аккумулировать ее для вложения в воспроизводство основных средств;

– денежная масса M2–M0 + депозиты населения в банках до востребования, средства предприятий и населения на расчетных и текущих счетах (M1) + срочные вклады в банках. Ключевые параметры экономики зависят от этого важнейшего объекта денежно-кредитной политики, и эта зависимость с развитием кредитных отношений возрастает;

– безналичные средства – M2–M0. Если наличные деньги представляют собой часть предложения денег, то безналичность увеличивает предложение денег, за счет создания новых депозитов. Большая часть основных средств воспроизводится при безналичных операциях [6];

– межбанковская ставка – средневзвешенная ставка по однодневным межбанковским кредитам;

– депозитная ставка – средневзвешенная ставка по рублевым депозитам физических лиц в кредитных организациях сроком до 1 года;

– ставка по кредитам – средневзвешенная ставка по рублевым кредитам юридическим лицам в кредитных организациях, сроком до 1 года;

– ключевая ставка – ставка, по которой ЦБ предоставляет кредиты коммерческим банкам для увеличения их кредитных возможностей.

Представленные параметры кредитно-денежной политики воздействуют на воспроизводственную активность, от величины ставки зависит, будут ли совершаться капитальные вложения за счет заемных средств; ставки по ним являются индикаторами уровня инфляции и выполняют функцию проводника импульса, поступающего с денежного рынка на другие рынки экономики [7].

Вторая группа – бюджетно-налоговая политика представлена параметрами дохода консолидированного бюджета и суммой налога на прибыль – одного из основных источников дохода бюджета.

Третья группа – основные социально-экономические индикаторы уровня жизни населения – показателями, характеризующими способность населения вкладывать деньги в экономику. Поскольку расходы и доходы населения практически равны друг другу, можно сделать вывод, что денежные средства на инвестиции поступают на предприятия посредством купли-продажи товаров и услуг этих предприятий.

Четвертая группа. Выбор пал на показатель валовой внутренней продукт, поскольку значительные колебания этого показателя указывают на изменения в экономике страны.

Пятая группа – показателями уровня износа основных средств и балансовой стоимости основных средств, поскольку даже небольшое повышение степени износа во всем мире увеличивает инвестиции в основные средства.

Шестая группа. Выбор пал на численность экономически активного населения и численность безработных, поскольку дефицит трудовых ресурсов вынуждает вкладывать средства в основные средства с целью покупки автоматизированных технологий, имеющих высокую производительность, и наоборот рост безработицы может быть связан с приобретением основных средств, высвобождающих труд человека.

В седьмую группу – (инновации) были отобраны три показателя, которые, на наш взгляд, характеризуют инновационный потенциал страны. Это затраты на исследования, число организаций и численность работников, выполнявших исследования и разработки [8].

Для выявления и измерения связей между объемом инвестиций в воспроизводство основных средств и выбранными параметрами автор в своем исследовании ограничился применением корреляционно-регрессионного анализа, поскольку его достаточно для достижения поставленной цели – выявления и измерения связей между воспроизводством основных средств и основными макроэкономическими параметрами, влияющими на него. Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

$$Y = 1,36 \cdot X_1 + 0,97 \cdot X_2 - 1,43 \cdot X_3 - 6,68 \cdot X_4 + 4,51 \cdot X_5 + 12,33 \cdot X_6 \quad (3)$$

Таким образом, увеличение денежной массы на один млрд. руб. увеличивает инвестиции в основные средства на 1,36 млрд. руб., увеличение безналичных средств на один млрд. руб. снижает инвестиции в основные средства на 1,43 млрд. руб., увеличение официального курса доллара США на 1 рубль увеличивает инвестиции в основные средства на 12,33 млрд. руб.

1. Зависимость объема инвестиций в основные средства от факторов первой группы красноречиво описывает существующую ситуацию. Высокая прямая связь этого показателя с показателем, характеризующим наличную денежную массу, говорит о сохранении теневой экономики, которая уводит значительные средства из-под налогообложения. Эти средства, скорее всего, из-за недоверия к банковской системе трансформируются в основные средства. Связь прямая и высокая также с показателем курса доллара США. Несомненно, слабый курс рубля сыграл роль стабилизатора национальной экономики, повысил по сравнению с импортом рентабельность российских товаров. Стало выгодно создавать продукт на территории России, а не импортировать его, что в свою очередь вызвало рост производства и инвестиций.

Связь этого показателя высока с показателем кредитных вложений в экономику и показателями, характеризующими денежную массу, поскольку рост денежной массы делает стоимость кредитов более дешевой. Связь является обратной с такими показателями как: межбанковская ставка, ставка по кредитам и ключевая ставка, что свидетельствует о том, что кредитная политика российской банковской системы уводит денежные средства от вложений в реальное производство. Отсюда и население неохотно вкладывает свои непотребленные средства в развитие экономики.

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от факторов первой группы.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,97, которое показывает, что 97 % общей вариации объема инвестиций в основные средства связано с вариацией денежной массы, наличных денег вне банковской системы, безналичных средств, межбанковской ставки, ключевой ставки, официального курса доллара США.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

2. Корреляционно-регрессионный анализ выявил сильную связь между доходной частью бюджета, причем эта связь как отрицательная так и положительная, а значит, чем больше собирает государство налогов – тем меньше инвестиций в основные средства. Очень тесная, прямая (положительная) корреляционная связь между доходной частью бюджета (налогами) и инвестициями говорит о параллельном росте этих двух показателей, которое возможно в слу-

чае инвестирования из бюджета. Таким образом, налоговая политика РФ направлена в основном на выполнение фискальных функций и не ориентируется на потребности реального сектора экономики.

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от факторов бюджетно-налоговой политики.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,98, которое показывает, что 98 % общей вариации объема инвестиций в основные средства объясняется вариацией суммы собираемого налога на прибыль организаций (X_1) и доходами консолидированного бюджета (X_2).

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y=43,72-0,61 \cdot X_1+0,58 \cdot X_2 \quad (4)$$

Таким образом, увеличение собираемого налога на прибыль организаций на один млрд. руб. снижает инвестиции в основные средства на 0,61 млрд. руб., увеличение доходов консолидированного бюджета на один млрд. руб. уве-

$$Y = -0,54 \cdot X_1 - 0,02 \cdot X_2 + 0,97 \cdot X_3 - 0,04 \cdot X_4 - 1,57 \cdot X_5 \quad (5)$$

Таким образом, увеличение денежных расходов населения на один млрд. руб. снижает инвестиции в основные средства на 0,54 млрд. руб., увеличение денежных доходов населения на один млрд. руб. снижает инвестиции в основные средства на 0,02 млрд. руб., увеличение фактического конечного потребления домашних хозяйств на один млрд. руб. увеличивает инвестиции в основные средства на 0,97 млрд. руб., увеличение величины прожиточного минимума на один руб. снижает инвестиции в основные средства на 0,04 млрд. руб., увеличение индекса потребительских цен на один процентный пункт снижает инвестиции в основные средства на 1,57 млрд. руб.

4. Из показателей, влияющих на экономическое развитие страны, пошаговая регрессия отобрала в качестве переменной ВВП, которая имеет очень высокую связь с инвестициями в основные средства.

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от ВВП.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,98, которое показывает, что 98 % общей вариации объема инвестиций в основные средства объясняется вариацией ВВП.

личивает инвестиции в основные средства на 0,58 млрд. руб.

3. Факторы третьей группы также тесно связаны с величиной инвестиций, кроме фактора, характеризующий индекс цен на продовольственные товары, который имеет обратную слабую связь, что говорит о том, что рост цен на продовольствие хотя и тормозит инвестирование, но незначительно.

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от социально-экономических индикаторов уровня жизни населения.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,94, которое показывает, что 94 % общей вариации объема инвестиций в основные средства объясняется вариацией денежных расходов населения, денежных доходов населения, фактического конечного потребления домашних хозяйств, величины прожиточного минимума и индекса потребительских цен.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = -323,53 + 0,21 \cdot X_1 \quad (6)$$

Таким образом, увеличение ВВП на один млрд. руб. увеличивает инвестиции в основные средства на 0,21 млрд. руб.

5. Факторы, характеризующие состояние основных средств умеренно связаны с инвестициями в основные средства.

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от показателей, характеризующих состояние основных средств.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,62, которое показывает, что 62 % общей вариации объема инвестиций в основные средства объясняется вариацией степени износа и динамикой наличия основных средств.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y=0,029 \cdot X_1 + 43,43 \cdot X_2 \quad (7)$$

Таким образом, увеличение наличия основных средств на один млрд. руб. увеличивает инвестиции в основные средства на 0,029 млрд. руб., увеличение степени износа на один про-

центный пункт увеличивает инвестиции в основные средства на 43,43 млрд. руб.

Несомненно, степень износа основных средств должна стимулировать обновление основных средств. Однако отклонение полученного значения от фактического значительны, что подтверждает сложившуюся ситуацию с основными средствами, когда, несмотря на рост степени износа, требуемых инвестиций в основные средства не осуществлялось. Ситуация несколько изменилась в последние годы, отклонение стабилизировалось, но остается достаточно высоким, что свидетельствует о недостаточном контроле со стороны государства процесса обновления основных средств.

6. По шестой группе связь инвестиций и трудовых ресурсов умеренная.

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от показателей, характеризующих состояние трудовых ресурсов.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,74, которое показывает, что 74 % общей вариации объема инвестиций в основные средства объясняется вариацией трудовых ресурсов.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y=171,42 \cdot X_1 - 1,3 \cdot X_2 \quad (8)$$

Таким образом, увеличение средней численности экономически активного населения на один млн. чел. увеличивает инвестиции в основные средства на 171,42 млрд. руб., увеличение численности безработных на одну тыс. чел. снижает инвестиции в основные средства на 1,3 млрд. руб.

7. По седьмой группе показателей высокая связь с инвестициями имеют внутренние затраты на исследования и разработки и число организаций, выполняющих исследования и разработки. Такая тесная и прямая связь инвестиций и вложений в научные разработки говорит о том, что инвестиционная деятельность в РФ сопровождается внедрением новых научных разработок, это, безусловно, очень хорошая тенденция [9].

На основе корреляционно-регрессионного анализа, нами была исследована зависимость объема инвестиций в основные средства от показателей, характеризующих инновации.

В процессе исследования установлено значение множественного коэффициента детерминации – 0,98, которое показывает, что 98 % общей вариации объема инвестиций в основные

средства объясняется вариацией инновационных показателей.

Полученное уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y = -0,15 \cdot X_1 + 0,54 \cdot X_2 + 17,16 \cdot X_3 \quad (9)$$

Таким образом, увеличение числа организаций, выполнявших исследования и разработки снижает инвестиции в основные средства на 0,15 млрд. руб., увеличение численности персонала, занятого исследованиями и разработками на одну тыс. чел. увеличивает инвестиции в основные средства на 0,54 млрд. руб., увеличение внутренних затрат на исследования и разработки на один млрд. руб. увеличивает инвестиции в основные средства на 17,16 млрд. руб.

Таким образом, проведенный нами анализ взаимосвязи воспроизводства основных средств и основных экономических параметров на макроэкономическом уровне дает представление о наличии и характере этой связи, допускает определение некоторых общих тенденций и закономерностей развития взаимосвязи экономического роста и инвестиций в основные средства. Вместе с тем макроэкономический подход, будучи достаточно обобщенным, скрывает многие теоретические и прикладные нюансы этой взаимосвязи. Поэтому, опираясь на степень разработанности проблемы в экономической литературе и практическое ее состояние на уровне макроэкономики, мы в своей работе к постановке проблемы взаимосвязи воспроизводства основных средств и основных экономических параметров подходим с нескольких сторон, что в итоге позволяет нам претендовать на постановку данной проблемы в новой плоскости исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основных средств в условиях инновационного развития экономики: теория, методология, концепция: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 114 с.
2. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н. Инвестиционный проектный риск в инновационной сфере // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3-3 (34). С. 4–5.
3. Абакумов Р.Г. Математическое моделирование технологических процессов воспроизводства машин и оборудования // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 22–25.
4. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности ре-

конструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назначения // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4-1 (57-1). С. 966–971.

5. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2014. С. 8-10.

6. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательно-го инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Научные труды SWorld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

7. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проек-

тов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 594–596.

8. Соколова Н.Ю., Наумов А.Е., Щенятская М.А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации жилых объектов // Наука и образование в жизни современного общества. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.

9. Урсу И.В. Прогрессивное инновационное развитие как безальтернативный тип развития экономики России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 460–464.

10. Галкин Л.Г., Урсу И.В. Системный подход в анализе факторов экономического развития организаций // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 3. С. 82–86.

11. www.gks.ru - Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики.

Abakumov R.G.**STATEMENT OF THE PROBLEM AND RESEARCH INTERRELATION REPRODUCTION PERMANENT ASSETS AND KEY MACROECONOMIC PARAMETERS**

In clause statement of a problem is carried out and research interrelation results reproduction permanent assets with key macroeconomic in parameters is carried out. The grouping of macroeconomic parameters is resulted, on the basis of results analysis of parameters for 2000–2014, the detailed description influence factors on a condition reproduction permanent assets is offered.

Key words: *reproduction, permanent assets, Interrelation, macroeconomic parameters.*

Абакумов Роман Григорьевич, кандидат экономических наук, доцент, кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: abakumovrg2000@mail.ru

Пивко И.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

pivkoirina@mail.ru

В данной статье предприятие рассматривается как сложная многоуровневая система, инновационное развитие которой обусловлено рядом факторов, как внешних, так и внутренних, приведен перечень этих факторов. Автором сформулировано определение понятия «инновационное развитие», а также представлен сравнительный анализ существующих отечественных и зарубежных методов оценки инновационного развития хозяйственных систем.

Ключевые слова: инновационное развитие, инновации, хозяйственная система, конкурентное преимущество.

В условиях стремительно меняющейся бизнес среды и прорывного характера развития научно-технического прогресса наиболее эффективным средством развития предприятия и упрочнения рыночных позиций в ужесточающейся конкурентной борьбе является инновационное развитие хозяйственной системы.

Проблема измерения инновационного развития предприятия как хозяйственной системы имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Данные об уровне инновационного развития предприятия создают основу для обеспечения сопряженности организационно-экономического развития смежных предприятий и производств, определения направлений интеграции и дифференциации на основе инноваций. Эта проблема является объектом внимания как органов законодательной, так и органов исполнительной власти России, в силу того, что важность инновационного развития рассматривается как фактор ускорения экономического роста страны в целом [2]. Именно этими предпосылками и обусловлена актуальность исследования проблемы инновационного развития предприятия, отраженная в данной статье.

Инновационное развитие хозяйственной системы, как сложной многоуровневой системы, обусловлено рядом факторов, как внешних, так и внутренних. К внешним факторам отнесем:

- общую рыночную ситуацию и соответствующее положение хозяйственной системы на данном рынке;
- общеэкономическую ситуацию в стране;
- уровень инфляции и платежеспособного спроса потребителей;
- стабильность взаимоотношений с партнерами;
- разработанную в стране нормативную базу для стимулирования инновационной деятельности;
- уровень кредитных процентных ставок;
- изменения государственной иннова-

ционной политики и прочее.

• К внутренним факторам, оказывающим влияние на инновационное развитие предприятия, относятся:

- квалификация персонала и уровень кадрового потенциала;
- степень изношенности основных средств;
- величина долговых обязательств и объем оборотных средств;
- степень использования производственных мощностей;
- актуальность используемых материалов и технологий;
- степень и темпы обновления нематериальных активов предприятия.

Сложность повышения уровня инновационного развития хозяйственной системы обуславливается одновременным влиянием множества факторов как внешней, так и внутренней среды, высокой динамикой изменения внешней среды, а также высокой степенью неопределенности достижения поставленных стратегических целей.

Многие ученые, прорабатывая данную тематику, особое внимание уделяют выявлению, изучению и использованию инновационных факторов при формировании стратегии развития предприятия. Ведь в нынешних условиях жесткой конкуренции успех во многом будет зависеть именно от того, насколько активно на предприятии происходит развитие и стимулирование инновационной активности [1].

В современной научной литературе нет единого определения термина «инновационное развитие предприятия».

Так Фонотов А.Г. определяет инновационное развитие как обобщенное представление о перспективном направлении развития, потенциальных возможностях роста эффективности производства, повышение долгосрочной конку-

рентоспособности на основе научно-технических достижений [10].

Трофимов О.В. и Ефимычев Ю.И. считают, что инновационное развитие является основой для сознательного управления изменениями, базирующихся на научно обоснованной процедуре их предвидения, регулирования, приспособления к изменениям условий внешней среды [9].

М.Е. Касса определяет инновационное развитие как закономерно и последовательно осуществляемый процесс конкретных мероприятий по проведению научных исследований и разработок, созданию новшеств и освоению их в производстве в целях получения новой или улучшенной продукции, новой или усовершенствованной технологии производства [5].

Таким образом, считаем необходимым уточнить понятие инновационного развития в рамках данной статьи. Инновационное развитие – это любая деятельность, определяемая стратегическими целями компании, а также комплексом факторов внешней и внутренней среды, имеющая своей целью результативное улучшение показателей производства хозяйственной системы за счет инновационных факторов.

Процесс инновационного развития базируется на активном внедрении инноваций различного (технического, технологического, управленческого, маркетингового) характера [11].

Следствием является интенсивный рост и повышение качества факторов производства и эффективности их использования. Исторический опыт и множественные исследования в данной области резюмируют тот факт, что развитие хозяйственных систем напрямую зависит от протекающих в них инновационных процессов. В тоже время инновации разрушают стабильное функционирование системы, «происходит созидательное разрушение», как заметил в одной из своих работ Й. Шумпетер. Выявление факторов нарушения равновесия обеспечит своевременное планирование предстоящих инновационных изменений, которые приведут производственную систему предприятия в стабильное состояние на качественно новом уровне. Поэтому выбор методологии оценки инновационного развития хозяйственной системы является для высшего руководства предприятия одной из важнейших задач.

В современной экономической литературе, как отечественной, так и зарубежной, приводятся достаточное количество методов и моделей, в различной степени характеризующих оценку инновационного развития хозяйственной системы и с различной степенью детализации описывающие задачи управления этим процессом на предприятии. Сравнительный анализ методов оценки инновационного развития предприятия представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика отечественных и зарубежных подходов и методов оценки инновационного развития предприятия

Автор/название метода	Основание метода	Характеристика метода	Недостатки метода
Метод В.Е. Агафонова [3]	Принципы построения и использования информационной структуры управления	Информационная сеть проецируется на структуру управления инновационным развитием предприятия. Оценка инновационного развития производится на основе измерения роста информационных потоков	Сложность градации иерархичности функционирования и распределения информационных потоков
Метод С.В. Дронова [6]	Анализ инновационной структуры предприятия	Оценка происходит на основе перманентного анализа организационной, производственной, технологической структур предприятия с позиции развития и внедрения инноваций	Трудоемкость процесса оценки, большие временные, экономические и трудовые затраты
Метод А.А. Трифиловой [8]	Анализ инновационной активности предприятия	Оценку предлагается осуществлять на основе расчета ряда коэффициентов и их сравнения с базисными значениями	Субъективный характер оценочных показателей, следовательно, пониженный уровень достоверности. Часть показателей в большей мере оценивают перспективность инновационных проектов

Продолжение табл. 1

Метод Ю.П. Анискина и А.И. Лукьянова [3]	Оценка планируемых и реализуемых нововведений	Оценку предлагается осуществлять посредством анализа инноваций и организационных проблем предприятия до и после внедрения инноваций	Сконцентрирован на решении текущих проблем, сбалансированность стратегической инновационной деятельности учитывается не в полной мере
Метод Касса М.Е. [5]	Оценка степени обновления нематериальных активов	Производится анализ влияния обновления нематериальных активов на инновационное развитие предприятий	Сложность стоимостной оценки нематериальных активов (НМА), необходимость учитывать взаимодействие НМА с другими ресурсами
Метод сбалансированной системы показателей (ССП) Д. Нортон и Р. Каплана [4]	Оценка как финансовых показателей, так и показателей нефинансового характера	Производится расчет традиционных финансовых показателей, а также показателей нефинансового характера	Отсутствует прямая связь с факторами внешней среды, недостаточная степень учета долгосрочных перспектив инновационной деятельности
Метод А. Шенхара и Д. Двира	Оценка в различных временных диапазонах	Оценка учитывает долгосрочные факторы инновационного развития предприятия, производится анализ новых технологий, навыков по созданию новых продуктов, научные достижения и т.п.	Недостаточная разработанность отдельных показателей, слабое эмпирическое подтверждение
Метод Tableau de bord	Оценка переменных факторов	Анализируется ряд переменных, сопоставимых с определенными изменениями инновационной деятельности предприятия	Руководитель каждого уровня организации ответственен лишь за выбор и определение собственных переменных, что затрудняет оценку и влечет за собой значительные временные затраты

Проанализировав данные методы можно сделать вывод, что каждый из них эффективен при изучении одних составляющих оценки инновационного развития хозяйственной системы, но при этом не берутся во внимание другие характеристики данного вида деятельности, что обуславливает необходимость их объединения и формирования новой методологии на этой основе.

Помимо этого, нестабильность экономической ситуации в России и усиливающееся влияние западных стран наносит свой отпечаток на процесс управления отечественными предприятиями [7]. Данный фактор исключает возможность копирования западных методик, которые разработаны в соответствии с условиями стабильного функционирования экономических систем, применительно к российским предприятиям, что еще раз подчеркивает необходимость разработки методологии управления инновационным развитием хозяйственных систем, учитывающей специфику бизнеса в России и мировой опыт в данной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гетманцев А.А., Рудычев А.А., Никитина Е.А., Лычев А.Ю. Проблемы формирования модели оценки инновационного потенциала как фактора повышения конкурентоспособности

предприятия с применением аппарата теории нечетких множеств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 129–132.

2. 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.

3. Инновационный менеджмент: учебник / под ред. проф. В.А. Швандара, проф. В.Я. Горфинкеля. М.: Вузовский учебник, 2012. 382 с.

4. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию: 2-е изд. испр. и доп., пер. с англ. М.: Олимп-Бизнес, 2006. 304 с.

5. Касс М.Е. Формирование стратегии инновационного развития предприятия на основе управления нематериальными активами: монография: Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т Н. Новгород: ННГАСУ, 2011. 159 с.

6. Крылов Э.И., Журавкова И.В. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятий: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2003. 608 с.

7. Сомина И.В. Методический инструментарий оценки инновационного развития регио-

нов // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С. 524–530.

8. Трифилова, А.А. Управление инновационным развитием предприятия. М.: Финансы и статистика, 2003. 173 с.

9. Трофимов О.В., Ефимычев Ю.И., Трофимова Т.В. Методика выбора стратегии инновационного развития промышленного предприятия // Креативная экономика. 2010. №5. С. 8–13.

10. Фонов А.Г. Россия: от мобилизационного общества к инновационному. М.: Наука, 1993. 253 с.

11. Чижова Е.Н., Урсу И.В., Аркатов А.Я. Инновационное развитие: проблема единства понимания // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 2. С. 85–88.

Pivko I.S.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ASSESSMENT METHOD OF ECONOMIC SYSTEMS' INNOVATIVE DEVELOPMENT

In this article the company is regarded as a complex multi-level system. Also the author lists external and internal factors affect company's innovative development. The author formulated the definition of "innovative development", as well as a comparative analysis of existing domestic and foreign methods for assessing the innovative development of economic systems.

Key words: *innovation, innovative development, economic system, competitive advantage.*

Пивко Ирина Сергеевна, аспирант кафедры стратегического управления.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: pivkoirina@mail.ru

Ткаченко Ю.А., канд. экон. наук, доц.,
Шевченко М.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОМПЛАЕНС-КОНТРОЛЬ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР В УПРАВЛЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИМ СУБЪЕКТОМ

tkach_y@mail.ru

Комплаенс формирует фундамент контроля любого экономического субъекта. В этом смысле он рассматривается как неизбежная составляющая системы управления, одной из важнейших частей которой является система внутреннего контроля. Соответствие законам, правилам и стандартам в сфере комплаенса обычно касается таких вопросов, как соблюдение надлежащих стандартов поведения и управление конфликтами интересов. В настоящее время соответствие стандартам, он же «комплаенс», является направлением профессиональной деятельности, привнесённым в российские организации крупными западными компаниями. COMPLIANCE-контроль как результативный инструмент минимизации рисков уверенно выходит на основные позиции в управлении современными фирмами, причем не только финансовыми институтами, но и компаниями реального сектора экономики. Уровень нефинансовых рисков постоянно растет с начала 90-х годов, а с ним с каждым годом увеличивается и ценность для бизнеса комплаенс-контроля. Постепенно появляется осмысление того, что комплаенс - это неотъемлемый элемент системы корпоративного управления. COMPLIANCE служит основой для совершенного процесса принятия руководством принципиальных решений, а значит, содействует достижению установленных стратегических и тактических целей экономического субъекта.

Ключевые слова: внутренний контроль, комплаенс, управление.

Введение. COMPLIANCE в той или иной степени изначально присутствует в каждом экономическом субъекте [3].

COMPLIANCE – это согласие или соответствие; происходит от глагола *to comply* – соответствовать. Буквально означает действие в соответствии с запросом или указанием; повиновение (англ. compliance is an action in accordance with a request or command, obedience). COMPLIANCE представляет собой соответствие каким-либо внутренним или внешним требованиям или нормам. Под соответствием подразумевается часть системы управления/контроля в организации, связанная с рисками несоответствия, несоблюдения требований законодательства, нормативных документов, правил и стандартов надзорных органов, отраслевых ассоциаций и саморегулируемых организаций, кодексов поведения. Такие риски несоответствия в конечном итоге могут проявляться в форме применения юридических санкций или санкций регулирующих органов, финансовых или репутационных потерь как результат несоответствия законам, общепринятым правилам и стандартам [7]. К сфере COMPLIANCE относятся также специфические области, такие как: противодействие легализации доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма; разработка документов и процедур, обеспечивающих соответствие деятельности компании действующему законодательству; защита информационных потоков, противодействие мошенничеству и коррупции, установление этических норм поведения сотрудников.

В связи с интеграцией российского бизнеса в мировую экономику очевидна необходимость

ведущих мировых COMPLIANCE-практик в политиках и процедурах отечественных фирм [8]. Должное соблюдение основных принципов COMPLIANCE и их эффективная реализация ведут к минимизации правовых и репутационных рисков, а также напрямую влияют на успех и целостность самого экономического субъекта и на благополучие его персонала, что в итоге повышает эффективность бизнеса.

Практически любое происшествие в организации означает, что контроль в той или иной сфере не налажен или это сделано не должным образом. Соответственно, виноват не только тот, кто допустил нарушение, но также и тот, кто не предпринял всех необходимых мер для того, чтобы этого не произошло. Это может говорить об отсутствии или недостаточной эффективности превентивных механизмов, которые должны противодействовать образованию неблагоприятных ситуаций.

Методология. Направление COMPLIANCE-контроля, на сегодняшний день, существует преимущественно в финансово-банковской сфере, хотя не ограничивается ими. Подразделения, реализующие функцию проверки на соответствие, как правило, носят название «COMPLIANCE» или «COMPLIANCE-контроль». В 2014 году Банк России принял изменения в Положение 242-П, в соответствии с которыми во всех банках вводится служба внутреннего контроля, которая по существу выполняет функции COMPLIANCE-контроля (управления COMPLIANCE-рисками или в терминологии 242-П – регуляторными рисками) [7, 1].

Служба внутреннего контроля в банковской сфере, выполняет следующие функции (по существу функции комплаенс-контроля):

- выявление регуляторного риска;
- учёт событий регуляторного риска, количественная оценка вероятности возникновения и возможных последствий регуляторного риска;
- мониторинг регуляторного риска, включая анализ новых банковских продуктов и методов их реализации на предмет регуляторного риска;
- координация и участие в разработке мер по снижению уровня регуляторного риска, разработка и доведение до органов управления и руководителей структурных подразделений рекомендаций по управлению регуляторным риском;
- мониторинг эффективности управления регуляторным риском;
- участие в разработке внутренних документов по управлению регуляторным риском;
- выявление конфликта интересов в деятельности организации и её служащих;
- анализ показателей динамики жалоб (обращений, заявлений) клиентов и анализ соблюдения кредитной организацией прав клиентов;
- анализ экономической целесообразности аутсорсинга услуг и (или) выполнение работ, обеспечивающих осуществление кредитной организацией банковских операций;
- участие в разработке внутренних документов, направленных на противодействие коммерческому подкупу и коррупции;
- участие в разработке внутренних документов и организации мероприятий, направленных на соблюдение правил корпоративного поведения, норм профессиональной этики;
- участие в рамках своей компетенции во взаимодействии кредитной организации с надзорными органами, саморегулируемыми организациями, ассоциациями и участниками финансовых рынков;
- иные функции, связанные с регуляторным риском, предусмотренные внутренними документами организации [1].

В последние несколько лет комплаенс-контроль получает все большее распространение в российском бизнес сообществе. Как нами отмечалось ранее, на данном этапе развития российской экономики необходимо встраивать в систему управления комплаенс-контроль, который выявляет, предупреждает и реагирует на соответствующие риски. В этой связи необходимо предпринимать комплексные меры по разработке механизмов, при помощи которых можно свести к минимуму риск вовлечения компании в процессы, которые могут обернуться для нее не только финансовыми потерями, но и потерей доверия со стороны общества в лице регулирующих органов, инвесторов, партнеров, ак-

ционеров, клиентов [6]. Идея создания одного из таких механизмов возникла сравнительно недавно в части всех экономических субъектов, не только банковских структур.

Деятельность комплаенс в компании сводится к обязанности соответствовать внутренним политикам и процедурам субъекта, которые разрабатываются с учетом местного законодательства и ведущих международных практик. В мировой практике финансовых институтов найдется немало случаев, когда вследствие упущений в сфере комплаенс компания теряла своих клиентов, контрагентов и терпела значительные потери [10].

Необходимо правильно выстраивать рабочий процесс таким образом, чтобы все потенциальные проблемы отслеживались и решались в режиме *real-time*. Здесь существует несколько общих принципов, соблюдение которых необходимо для эффективного построения функции:

- Органы управления экономического субъекта должны нести ответственность за надлежащее соблюдение регламента и напрямую координировать деятельность в сфере комплаенс наравне с координацией бизнес-процессов. Это один из самых важных аспектов, от которого напрямую зависит эффективность всей системы комплаенс.

- Часто реализация комплаенс-контроля встречает сопротивление со стороны бизнес-процессов, и в том числе и со стороны высшего руководства экономического субъекта. В этом случае необходимо выстраивать организационную структуру таким образом, чтобы наделить службу комплаенс всеми необходимыми правами и полномочиями, а ее персонал должен обладать высоким статусом в иерархии экономического субъекта и независимостью в части принятия решений.

- Персонал, несущий ответственность за разработку и реализацию политик комплаенс (комплаенс-контролеры), должен обладать необходимой квалификацией, опытом, профессиональными и личностными качествами для координации работы и развития данного направления.

В то же время важно понимать, что существует некая граница, после которой функция комплаенс не только минимизирует риски, но и ограничивает бизнес. Следует определять сферы, где риски присутствуют в наименьшей степени и где экономический субъект не может позволить себе осуществлять деятельность. Правильное обозначение этой границы, без отстранения ее в ту или иную сторону, способствует наиболее эффективной организации рабочего процесса, без конфликтов с остальными бизнес-процессами. При этом необходимо отслеживать экономические тенденции и измене-

ния законодательства для своевременной корректировки этой границы.

Основная часть. Комплаенс – это реальная система защиты бизнеса от внешней коррупции, а также от злоупотреблений и не эффективного управления экономическим субъектом со стороны менеджеров. Возникает вопрос: «Как органично вписать оптимальный комплаенс-контроль в структуру управления экономическим субъектом?»

Существует ряд стандартных политик, которые независимо от географии и специфики деятельности в той или иной степени традиционно применяются в большинстве компаний:

- Кодекс корпоративной этики (Кодекс корпоративного поведения) – как правило, это достаточно общий регламент, который затрагивает практически все аспекты деятельности экономического субъекта.

- Политика противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма.

- Политика принятия и дарения подарков, приглашений на мероприятия. Ее функция заключается в том, чтобы разграничить понятия «подарок», «взятка» или «откат» или, иными словами, обозначить черту, после которой подарок становится подношением с целью получения возможности манипулирования должностным лицом в своих интересах.

- Политика сообщений о нарушениях этических стандартов. Качественная реализация данной функции является одним из самых эффективных способов борьбы с нарушениями внутри компании.

- Политика, регулирующая конфликт интересов. Эта политика задает этические стандарты поведения сотрудников при возникновении конфликта интересов, а именно в случаях, когда интересы сотрудника могут противоречить интересам компании.

- Политика взаимодействия с регулирующими органами. Вопрос эффективного и правильного взаимодействия с регулирующими органами является весьма жизненным на сегодняшний день, поскольку даже весьма законопослушные экономические субъекты сталкиваются с рядом практических сложностей.

- Политика конфиденциальности информации.

Применяя перечисленные политики комплаенс-контроля, экономический субъект может реализовывать дополнительные регламенты в этой области, создавая при этом свою уникальную структуру комплаенс-контроля.

В соответствии с указанными выше аспектами, экономические субъекты выстраивают надежный комплаенс-контроль, снижают риски, но и одновременно облегчают работу с международными контрагентами, поскольку в числе

требований при установлении партнерских отношений все чаще встречается наличие политик и организации процесса комплаенс, соответствующего ведущим мировым практикам.

Комплаенс-контроль – это комплекс встроенных в бизнес-процессы компании «обликов» контроля в разрезе людей, технических средств и документов, установленных для соблюдения внешних и внутренних нормативов и требований. Внедренный комплаенс, вне зависимости от отношения к нему собственников и менеджеров компании, никогда не бывает нулевым. При создании любого предприятия формируются учредительные документы. Появляются первые правила ведения бизнеса, «игры». Начало комплаенсу положено.

Далее, по мере усложнения бизнес-процессов, встраивать комплаенс-контроль и механизмы мониторинга его эффективности в «организм» бизнеса оказывается все сложнее. Соблюдение многих требований полностью или частично откладывается на потом [8]. В какой-то момент собственникам и менеджерам становится понятно, что правила надо соблюдать, тем более что за некоторые нарушения предусмотрена персональная ответственность. При этом бизнес не должен остановиться или даже сбавить обороты только потому, что вышла новая инструкция, политика, приказ. Следовательно, нужен кто-то, несущий ответственность за то, чтобы с момента появления нового правила, требования, указания до момента его отмены, замены, трансформации в процессы была введена технология, позволяющая бизнесу существовать и развиваться и при этом соблюдать установленные правила игры. В практике эту ответственность несет комплаенс-контролер (комплаенс-менеджер), занимающий позицию не ниже заместителя руководителя экономического субъекта, с функциональным подчинением Совету директоров.

Комплаенс-контролер отвечает за организацию процесса, а также может принять личное участие в создании локальной документальной базы в качестве как консультанта, так и автора. Комплаенс-менеджер сам или совместно с кадровой службой в обязательном порядке курирует вопросы обучения персонала, если это требуется в связи с вступлением в силу нового регламента. Будучи независимым от выполнения других производственных функций, комплаенс-контролер может подтвердить обоснованность того или иного бюджета, если возникает необходимость финансирования плана мероприятий по внедрению в бизнес-процессы процедур исполнения нового требования. Комплаенс-менеджер должен определять деловые отношения не только с бизнес-процессами, но также с другими контрольными подразделениями. В первую очередь это касается внутренних аудиторов и службы безопасности. При хорошо

налаженном взаимодействии комплаенс-менеджера других служб возможно получение синергетического эффекта для достижения основной цели компании. Причем, одновременно могут быть достигнуты также еще две цели: обеспечение достоверности отчетности организации и неучастие сотрудников экономического субъекта в противоправной деятельности.

Заключение. Приведем существенные итоги:

1) Комплаенс-контроль – это часть системы внутреннего контроля и системы управления экономического субъекта;

2) Комплаенс-контроль – это совокупность встроенных в бизнес-процессы компании видов контроля в разрезе сотрудников, технических средств и документов в целях соблюдения внешних и внутренних стандартов;

3) Уровень комплаенса любого экономического субъекта всегда превышает нулевой уровень и никогда не достигает 100%-ной метки.

Это означает, что комплаенс-контроль является одной из составляющих частей системы управления экономическим субъектом. Реализация комплаенс-контроля требует комплексного подхода. Однако внесистемные попытки встраивания комплаенс-контроля могут навредить бизнесу в целом, и в том числе в достижении эффективности и результативности. Отсутствие системного подхода в части комплаенса может нанести урон бизнесу, чем плановые затраты на саму систему комплаенс-контроля. Предложенные параметры основаны на подходах, отражен-

ных в документах COSO и Института внутренних аудиторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Положение Банка России от 16 декабря 2003 г. № 242-П «Об организации внутреннего контроля в кредитных организациях и банковских группах».

2. Слабинский Д.В. Способы выявления мошенничества и их диагностика // Белгородский экономический вестник. 2010. №2 (58). С. 71–74.

3. Ткаченко Ю.А. Сухорученко Е.А. Специализированные подразделения системы внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 1 (73). С. 108–111.

4. Ткаченко Ю.А. Комплексные системы контроля в торговле // Белгородский экономический вестник. 2014. № 3 (75). С. 163–168.

5. Ткаченко Ю.А. Документирование внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 192–202.

6. Чижова Е.Н., Шевченко М.В. Структура систем управления предприятием: комплексный подход // Белгородский экономический вестник. 2010. №1. С. 10–16.

7. <https://ru.wikipedia.org>.

8. www.compliance.su.

9. www.orioncom.ru.

10. <http://www.reglament.net>.

Tkachenko Y.A., Shevchenko M.V.

COMPLIANCE-CONTROL AS A KEY FACTOR IN THE MANAGEMENT OF THE ECONOMIC SUBJECT

Compliance forms the foundation of control of any economic entity. In this sense it is considered as an inevitable component of the control system, one of the most important parts which is the system of internal control. Compliance with laws, regulations and standards in the field of compliance normally dealt with such matters as the observance of proper standards of conduct and management of conflicts of interest. Currently "compliance", is the directions of professional activity, introduced in the Russian organizations of major Western companies. Compliance as an effective tool of risk minimization confidently taking on key positions in the management of modern companies, not only financial institutions but also companies in the real sector of the economy. The level of non-financial risks is constantly growing since the beginning of 90-ies, and with it increases every year and business value compliance. Gradually the understanding that compliance is an essential element of the corporate governance system. Compliance serves as the basis for a perfect process taken by the management to make fundamental decisions, and thus contributes to the achievement of established strategic and tactical goals of the business subjects.

Key words: internal control, compliance, management.

Ткаченко Юлия Александровна, 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: tkach_y@mail.ru

Шевченко Мария Владимировна, старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита.

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

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

E-mail: shevmmv@mail.ru

*Моисеев В.В., д-р ист. наук, доц., проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ КЛИМАТ КАК ФАКТОР ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

din_prof@mail.ru

С введением западных санкций, вызванных событиями на Украине, резким падением цен на нефть и другие сырьевые товары, Россия оказалась в сложной экономической ситуации, остро стал вопрос о замещении технологий и товаров, импортируемых из-за рубежа. В статье рассматриваются не только условия, при которых в России начался новый этап государственной политики импортозамещения, но и важнейшие факторы ее реализации. Руководство Российской Федерации неоднократно поднимало проблемы импортозамещения, но их решение не всегда было позитивным и системным, и только события последних лет вселяют надежду на положительные результаты. Автор утверждает, что, несмотря на многофакторные проблемы, экономическая политика импортозамещения имеет реальные перспективы успешной реализации намеченных программ. В реализации утвержденных программ импортозамещения первостепенное значение приобретают инвестиции. В статье анализируются условия создания благоприятного инвестиционного климата в современной России.

Ключевые слова: *западные санкции, технологическое отставание, импортозамещение, инвестиционный климат.*

Введение. По данным Минпромторга РФ, собственное производство в таких важнейших отраслях, как тяжелое машиностроение, станкостроение, радиоэлектронная промышленность составляет всего 20–30 процентов от потребности [1], а доля импорта превышает допустимые пределы для обеспечения экономической безопасности страны. По количеству выпускаемой продукции многие наши отрасли находятся еще в прошлом веке. Это относится и к судостроению, и приборостроению, и авиастроению, некоторым другим отраслям экономики. «К сожалению, большая часть технологического оборудования, используемого сейчас российской промышленностью, отстает от передового уровня даже не на годы, а на десятилетия», – признавал В.В. Путин еще в первый свой президентский период [2]. Вследствие этого происходит сильнейшая экономическая зависимость России от других стран, в частности от Евросоюза и США. Более того, при масштабном импорте производство собственной продукции резко снижается, о чем красноречиво свидетельствуют приведенные выше факты, а также возросшие объемы импорта. За последнее десятилетие импортозависимость России в долларовом эквиваленте возросла почти в 10 раз: если в 2000 г. наша страна ввозила из-за рубежа товаров всего на 45 млрд долларов, то к 2013 г. – на сумму 341 млрд долларов [3].

В условиях экономических санкций, затрудняющих доступ к западным товарам и технологиям, резкого снижения экспортной выручки стало сложнее закупать за границей недостающую технику, оборудование, запасные части к ввезенным ранее машинам и агрегатам, поэтому так остро стал вопрос об импортозамещении,

создании отечественного современного технологического оборудования для производства собственных товаров. Замещение товаров, оборудования и технологий, ввозимых в Россию, невозможно без большого объема капиталовложений, инвестиций в инновационное производство, что в свою очередь напрямую зависит от инвестиционного климата в стране.

Основная часть. Основная причина такого состояния ведущих отраслей российской экономики заключается в неблагоприятных условиях для ведения бизнеса, в том числе в состоянии инвестиционного климата в стране. Анализ показывает, что инновационно-инвестиционный компонента импортозамещения сегодня оставляет желать лучшего. Это объясняется тем обстоятельством, что в 2014 г. российская экономика столкнулась с острым валютно-финансовым и экономическим кризисом. Снижение темпов ВВП впервые (после кризисного 2009 г.) перешагнуло в область отрицательных значений. Национальная валюта девальвировалась более чем на 80 %. Экономическая политика с ее ставкой на нефть и экспорт других видов сырья после резкого падения мировых цен на энергоносители еще раз продемонстрировала свою полную несостоятельность. Ситуацию в экономике усугубили антироссийские санкции, инициированные США в связи с событиями на Украине. Курс на международную изоляцию России, на ограничение ее доступа к мировым финансовым рынкам, современным технологиям увеличит и без того существенное технологическое отставание России от западных стран.

Промышленным предприятиям, опытно-конструкторским и научным учреждениям сегодня не хватает инвестиций для разработки и

внедрения научных достижений в производство. Государственное финансирование инновационных процессов явно недостаточно для обеспечения прорыва в импортозамещении.

Инвестиционный климат – это обобщенная характеристика совокупности социальных, экономических, организационных, правовых, политических, социокультурных предпосылок, определяющих инвестирование в региональную хозяйственную систему страны.

Можно выделить три подхода к оценке инвестиционного климата.

Первый подход базируется на оценке совокупности макроэкономических показателей, таких, как: динамика ВВП, национального дохода и объемов производства промышленной продукции; характер и динамика распределения национального дохода, пропорции сбережения и потребления; состояние законодательного регулирования инвестиционной деятельности; ход приватизационных процессов, развитие отдельных инвестиционных рынков, в том числе фондового и денежного.

Второй подход (многофакторный) основывается на взаимосвязанной характеристике более широкого набора факторов, влияющих на инвестиционный климат. К таковым относятся: экономические факторы: характеристика экономического потенциала (обеспеченность страны или региона ресурсами, биоклиматический потенциал, наличие свободных земель для производственного инвестирования, уровень обеспеченности энерго- и трудовыми ресурсами, развитость научно-технического потенциала и инфраструктуры); общие условия хозяйствования (экологическая безопасность, развитие отраслей материального производства, объемы незавершенного строительства, степень изношенности основных производственных фондов, развитие строительной базы); зрелость рыночной среды в регионе (развитость рыночной инфраструктуры, воздействие приватизации на инвестиционную активность, инфляция и ее влияние на инвестиционную деятельность, степень вовлеченности населения в инвестиционный процесс, развитость конкурентной среды предпринимательства, емкость местного рынка сбыта, интенсивность межхозяйственных связей, экспортные возможности, присутствие иностранного капитала); политические факторы: степень доверия населения к региональной власти, взаимоотношения федерального центра и властей региона, уровень социальной стабильности, состояние национально-религиозных отношений; социальные и социокультурные факторы: уровень жизни населения, жилищно-бытовые условия, развитость медицинского обслуживания, распро-

страненность алкоголизма и наркомании, уровень преступности, величина реальной заработной платы, влияние миграции на инвестиционный процесс, отношение населения к отечественным и иностранным предпринимателям, условия работы для иностранных специалистов; организационно-правовые: отношение власти к отечественным и иностранным инвесторам, соблюдение законодательства властными органами, уровень оперативности при принятии решений о регистрации предприятий, доступность информации, уровень профессионализма местной администрации, эффективность деятельности правоохранительных органов, условия перемещения товаров, капиталов и рабочей силы, деловые качества и этика местных предпринимателей; финансовые факторы: доходы бюджета, а также обеспеченность средствами внебюджетных фондов на душу населения, доступность финансовых ресурсов из федерального и регионального бюджетов, доступность кредита в иностранной валюте, уровень банковского процента, развитость межбанковского сотрудничества и др. [4].

Значение инвестиционного климата для социально – экономического развития страны в целом и отдельных ее регионов трудно переоценить. Достаточно сказать, что при благоприятном инвестиционном климате в регион поступают всё новые и новые финансовые ресурсы как отечественного, так и иностранного происхождения. И чем больше денег приходит в регион, тем больше возможностей у местных властей для комплексного социально-экономического развития на основе модернизации и инновации. Учитывая тот факт, что без инвестиций невозможно произвести импортозамещение, повысить технический уровень производства и конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем и мировом рынках, то инвестиционной политикой должны заниматься законодательная и исполнительная власть не только на федеральном, но и на региональном уровне. Именно на региональных органах управления лежит ответственность за формирование благоприятного инвестиционного климата на территории для привлечения частных отечественных и зарубежных инвестиций. «И если мы хотим не говорить и рассуждать о модернизации, а к ней приступить, отмечал экс-президент Д.А.Медведев, – то центральное звено успешной модернизации – это **кардинальное улучшение инвестиционного климата** (выделено авт.). Модернизация практически требует сотен миллиардов долларов прямых инвестиций. И чтобы эти миллиарды долларов пришли, нужен не такой инвестиционный климат, который

у нас есть» [5]. В его Послании Федеральному Собранию РФ от 22 декабря 2011 г. прямо указывалось: «улучшение предпринимательского климата – это наилучший способ обеспечить высокие темпы экономического роста» [6].

На съезде «Деловой России» В.В. Путин заявил: «Совершенно очевидно, что нам необходимо запустить наш собственный, внутренний инвестиционный мотор, поддержать именно производственный бизнес, создать такие условия, чтобы вкладываться в отечественную экономику и промышленность было выгодно». Однако, несмотря на многочисленные публичные заявления руководителей страны последних пяти лет, существенного улучшения инвестиционного климата в России не произошло. «Инвестиционный климат в России и раньше не отличался мягкостью, а сейчас его можно назвать откровенно суровым. Главная причина – повышение, вопреки всем декларациям, административного давления на бизнес. Одно из проявлений этого процесса – борьба с офшорами путём запретов и ужесточения санкций без улучшения условий ведения бизнеса внутри страны», – утверждает аналитик АКГ «Градиент Альфа» Егор Двинянин [7]. Неоднократно по этому поводу высказывался и В.В. Путин: «Размещение нового производства в России должно быть более выгодным, чем в других странах», – заявил глава государства, выступая с очередным посланием политической элите в декабре 2014 г. [8]. Размещение нового производства в России пока не только менее выгодно, чем в цивилизованных государствах, но и сопряжена с коррупцией чиновников, вымогающих крупные взятки, рейдерством, боязнь потерять капитал из-за отсутствия гарантий неприкосновенности частной собственности. Примеров тому много, достаточно упомянуть дело ЮКОСа, рейдерский захват сети салонов сотовой связи «Евросеть», с нуля созданной талантливым предпринимателем Е.Чичваркиным, и др. После того, как была разрушена одна из самых преуспевающих нефтяных компаний с годовым доходом в десятки миллиардов долларов, а ее владельцы были отправлены за решетку, подавляющее большинство крупных российских предпринимателей стали регистрировать свои компании не на родине, а за рубежом – на Кипре, Багамах, Мальдивах, в Швейцарии.

В результате значительная часть отечественного бизнеса стремится избежать российской юрисдикции и регистрирует свои компании за границей, в том числе в офшорах. Регистрация компаний в офшорных зонах выгодна предпринимателям по многим причинам. В соответствии с действующим законодательством все офшорные компании, регистрируемые, например, на Сейшельских островах, почти полностью освобождены от налогов; разрешены акции на предъявителя; доступ к информации об акционерах и директорах для третьих лиц закрыт; ведение бухгалтерского учета и составление годовых отчетов не обязательны; валютный контроль отсутствует. По утверждению С.М. Миронина, бывшего главы Совета Федерации, из офшоров сегодня управляется 70 % российской экономики, что подтверждается многими фактами. Так, контрольный пакет акций (85,51 %) крупнейшей отечественной сталелитейной компании «Новолипецкий металлургический комбинат» стоимостью 13,3 млрд. долл. принадлежит компании «Fletcher Group Holdings Limited», базирующейся на Кипре. Основным владельцем НЛМК В.Лисин, которому принадлежит свыше 80 % акций комбината, возглавляет список самых богатых бизнесменов России. Другой известный российский бизнесмен О. Дерипаска также держит свои активы вдалеке от России. Его Объединенная компания «Российский алюминий», являющаяся вторым в мире производителем алюминия и глинозема, зарегистрирована на британском острове Джерси. И активы миллиардера Р. Абрамовича также размещены за рубежом, в основном в офшорах [9].

В Послании президента В.В. Путина от 4 декабря 2014 г. предлагалось провести полную амнистию капиталов, возвращающихся в Россию. «Все мы понимаем, что происхождение денег разное, по-разному они заработаны и получены. Но, убежден, нам нужно окончательно закрыть, перевернуть офшорную страницу в истории нашей экономики и нашей страны. Это очень важно и нужно сделать» [8]. Однако, несмотря на заявления руководства страны, попытки улучшить инвестиционный климат, условия для ведения бизнеса, бегство капиталов продолжается до сих пор. Это хорошо видно из следующей таблицы.

Таблица 1

Вывоз капитала из России в 2008-2015 гг.

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Итого:
Млрд долл.	133,7	56,1	33,6	84,2	53,9	59,7	151,5	128 прогноз	700,7

Как следует из таблицы, отток капитала из России в 2014 г. в сумме 151,5 млрд долларов

побил все рекорды и оказался значительно выше прогнозов Минэкономразвития и Центрального

Банка РФ. Всего за восемь последних лет бизнесмены вывели из нашей страны свыше 700 млрд долларов США, что по курсу ЦБ РФ на 10 ноября 2015 г. превышает 45 трлн рублей или более трех годовых бюджетов Российской Федерации. В 2014 году объем прямых иностранных инвестиций в экономику РФ снизился на 70 процентов по сравнению с 2013 г., когда в развитие промышленного производства на территории Российской Федерации иностранные компании вложили всего 26,118 млрд долларов США [10]. Если сравнить эту сумму с российскими капиталами, вывезенными за рубеж и по разным причинам не ставшими собственными инвестициями в реализацию утвержденных программ импортозамещения, то окажется, что прямые иностранные инвестиции – это всего 0,04 % от отечественных финансов, вложенных нашими бизнесменами в 2008 – 2015 гг. в чужую экономику.

На вопрос, как можно изменить к лучшему создающуюся ситуацию, ответ однозначный: улучшением условий для ведения бизнеса, изменением инвестиционного климата. В мировом рейтинге по условиям ведения бизнеса наша страна отстоит от передовых государств на 100 с лишним пунктов. С целью улучшения инвестиционного климата и условий для ведения бизнеса В.В.Путин в мае 2012 г. подписал указ «О долгосрочной государственной экономической политике», в котором была поставлена задача – повысить позицию страны в новом международном рейтинге «Doing Business» с 120-й до 50-й в 2015 г. и до 20-й в 2018 г. Однако наша страна в рейтинге «Doing Business» – 2014 г. заняла всего лишь 92-е место [11], таким образом, задача, поставленная в указе главы государства, оказалась не выполненной.

Более того, в апреле 2014 г. агентство «Standard & Poors» понизило кредитные рейтинги России, отметив, что напряжённая геополитическая ситуация оказывает негативное влияние на инвестиционный климат России. Краткосрочный рейтинг России в иностранной валюте был понижен с А2 до А3, долгосрочный рейтинг в национальной валюте – до ВВВ с ВВВ+, с прогнозом по долгосрочным рейтингам на «негативный». В январе 2015 г. агентство «Fitch» понизило оценку кредитоспособности России с «ВВВ» до «ВВВ–» с негативным прогнозом. Уровень «ВВВ–» у рейтинговых агентств квалифицируется как «предмусорный». Аналогичный низкий уровень российскому суверенному рейтингу был выведен агентством «S&P». По этому поводу один из лучших финансистов России А.Л. Кудрин выступил со следующим комментарием: «Меня инвестиционный рейтинг на

мусорный, агентство фактически заявляет: «С этой страной работать на обычных, цивилизованных условиях нельзя. Любые инвестиции в эту страну вы должны взвешивать в 7 раз больше, чем в обычной ситуации» [12]. Позитивный момент во всей этой ситуации состоит в том, что внешнее давление будет стимулировать российские власти на реальную работу по изменению инновационного климата. В такой ситуации России остаётся рассчитывать только на собственные силы, а для этого необходимо провести целый ряд реформ, чтобы упростить регистрацию новых предприятий и привлечение инвестиций в ключевые отрасли для реализации утвержденных программ импортозамещения. Российские бизнесмены чаще продают иностранным партнерам патенты на изобретения, чем сами производят новые конкурентные товары. Причина такого положения дел кроется в неуверенности российских предпринимателей в завтрашнем дне, наличии рисков больше потерять, чем выиграть от долгосрочных инвестиций в реальный сектор экономики. Поэтому обеспечение конкурентоспособности российской юрисдикции требует системных мер для принципиального улучшения инвестиционного климата. Без улучшения инвестиционного климата остается реальная опасность того, что научные открытия и создаваемые в России инновации не станут ресурсом для развития российских производств, способных заменить иностранные технологии и товары.

Нельзя сказать, что в сфере условий для бизнеса и привлечения инвестиций в России ничего не делается. Так, произошло сокращение количества разрешений, необходимых для реализации строительных проектов, и времени, необходимого для регистрации нового здания. На получение разрешения в строительной отрасли теперь нужно потратить 297 дней, а не 344 дня, как годом ранее, и пройти при этом предстоит 36 процедур, а не 42. Также Россия облегчила процедуру доступа к электроэнергии для предприятий, сделав получение электроэнергии более простым и менее затратным. Количество процедур сократилось вдвое – до пяти, а количество дней на их прохождение – с 281 до 162. Как видим, барьеров на пути предпринимателей стало немного меньше, но, тем не менее, они сильно усложняют ведение бизнеса в нашей стране.

В помощь бизнесменам в рамках федерального правительства стал действовать институт омбудсмена по инвестициям. В Минэкономразвития РФ был создан департамент инвестиционной политики и развития государственно-частного партнерства, куда стекаются обращения инвесторов, столкнувшихся с администра-

тивными барьерами. Курирует эту работу первый вице-премьер И.И. Шувалов. Он обеспечивает координацию деятельности федеральных исполнительных органов власти по рассмотрению обращений российских и иностранных инвесторов. Инвесторы получили право также обращаться к заместителям полномочных представителей Президента РФ в федеральных округах, за которыми закреплен статус инвестиционных уполномоченных. Однако институт омбудсмена по инвестициям больше подходит для крупных инвесторов, отсюда возникает необходимость создания института омбудсмена на региональном уровне для малого и среднего бизнеса. В регионах должны быть свои региональные омбудсмены по правам предпринимателей.

Региональные власти понимают значение инвестиционного климата. Так, в Рязанской области разработана и реализуется концепция «Механизм создания условий привлечения инвестиций в коммунальный комплекс». В Курской области разработана «Стратегия социально-экономического развития Курской области до 2020 года», в которой вопросы улучшения инвестиционного климата и привлечения инвестиций получили всестороннее освещение. В Липецкой области для организации работы по привлечению потенциальных инвесторов в экономику муниципальных образований подготовлен перечень из 100 объектов муниципальной собственности для привлечения инвестиций через механизм государственно-частного партнерства. В Тульском регионе действует закон «О льготном налогообложении при осуществлении инвестиционной деятельности в форме капитальных вложений на территории Тульской области». Региональный закон устанавливает налоговые льготы для хозяйствующих субъектов, осуществляющих инвестиционную деятельность на территории области. В целях реализации инвестиционных проектов в бюджете Тульской области предусматриваются инвестиции в форме капитальных вложений с объемом в 300 млн рублей ежегодно. Действенным средством привлечения инвестиций в регионы, как показала практика, стали региональные экономические и инвестиционные форумы. Благодаря им только Тульская область смогла подписать соглашения о привлечении в регион свыше 500 млрд. рублей инвестиций [13]. Следует заметить, что наибольший приток инвестиций происходил до введения антироссийских санкций, а с осложнением обстановки инвестиционная деятельность отечественных и зарубежных бизнесменов резко снизилась. При этом вместо притока денег в экономику усилился отток капитала из России. В 2014 г. по сравнению с 2013 г. вы-

воз капитала из нашей страны за рубеж увеличился в 2,54 раза с 59,7 до 151,5 млрд долларов [14].

Таким образом, чтобы успешно решать проблемы импортозамещения в условиях западных санкций, необходимо, в первую очередь, существенным образом улучшить инвестиционный климат в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев, С.Н., Моисеев В.В. Импортозамещение в экономике России. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С.276.
2. Послание президента РФ В.В.Путина Федеральному Собранию РФ// Российская газета. – 2006. – 11 мая.
3. Причины кризиса 2014 г. в России. – URL: <http://voprosik.net/prichiny-krizisa-2014-v-gossii/> (дата обращения: 09.11.2015).
4. Глаголев С.Н., Моисеев В.В. Проблемы иностранных инвестиций в России в условиях экономических санкций. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 26–27.
5. Инициативы Дмитрия Медведева по модернизации и инвестклимату//Российская газета, 2011, 31 марта.
6. Послание Президента Федеральному собранию 22 декабря 2011 г.//Официальный сайт президента РФ Д.А. Медведева. – URL: <http://kremlin.ru/news/14088> (дата обращения: 02.11.2015).
7. Инвестиционный климат: есть куда расти. – URL: <http://businessofrussia.com/june-2014/item/702-invest-climate.html> (дата обращения – 21.10.2015).
8. Послание президента В.В.Путина Федеральному Собранию Российской Федерации 4 декабря 2014 г. – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/47173> (дата обращения: 29.10.2015).
9. Моисеев В.В. Офшорная экономика//Человек и труд. 2012. № 8. С. 22.
10. Пономарева И. В. Иностранные инвестиции в экономике России: динамика, анализ, проблемы// Молодой ученый. 2014. №12. С. 169–174.
11. Инвестиционный климат: есть куда расти. – URL: <http://businessofrussia.com/june-2014/item/702-invest-climate.html> (дата обращения – 21.10.2015).
12. Инвестиционный климат: есть куда расти. – URL: <http://businessofrussia.com/june-2014/item/702-invest-climate.html> (дата обращения – 21.10.2015).
13. Сайт «Региональное законодательство». – URL: <http://www.regionz.ru/index.php?ds=911964> (дата обращения – 21.10.2015).

14. ЦБ: Отток капитала из России в 2014 г. вырос в 2,5 раза. – URL: <http://www.vedomosti.ru/finance/articles/2015/01/16/cb-ottok-kapitala-iz-rossii-v-2014-g-vyros-v-2,5-raza> (дата обращения –10.11.2015).

Moiseyev V.V.

INVESTMENT CLIMATE AS IMPORT SUBSTITUTION FACTOR

With the introduction of Western sanctions caused by the events in Ukraine, a sharp drop in oil prices and other commodity prices, Russia is in a difficult economic situation, the island became a question of replacement technologies and products imported from abroad. The article discusses not only the conditions under which Russia entered a new stage of public policy of import substitution, but also an important factor for its implementation. The Russian leadership has repeatedly raised the issue of import substitution, but the decision was not always positive and the system, and only the events of recent years give us hope for positive results. The authors argue that, despite the multifactorial problem, the economic policy of import substitution has real prospects for the successful implementation of the planned programs. The implementation of the approved program of import substitution of prime importance investments. The article analyzes the conditions for the creation of a favorable investment climate in Russia.

Key words: *western sanctions, technological lag, import substitution, investment climate.*

Монсеев Владимир Викторович, доктор исторических наук, доцент, профессор кафедры социологии и управления.

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

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

E-mail: din_prof@mail.ru

Безуглый Э.А., канд. экон. наук,
Кутергин Н.Б., канд. пед. наук, доц.,
Алексеев Н.А., проф.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина
Ковалева Е.Г., канд. техн. наук, ст. преп.,

Радоуцкий В.Ю., канд. тех. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КРАУДСОРСИНГ – СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗАДАЧ

zchs@intbel.ru

В Российской экономике вопрос поиска снижения затрат компании, возможность решить сложные экономические вопросы, крупные компании придумали такой вариант, когда бросается клич огромной аудитории и за скромное вознаграждение компания получает множество различных вариантов, которые в последствии ею и используются. Такой процесс носит научное название как «краудсорсинг». «Краудсорсинг» (от латинского *crowdsourcing*, *crowd* – «толпа» и *sourcing* – «использование ресурсов») – передача некоторых производственных функций неопределенному кругу лиц, решение общественно значимых задач силами добровольцев, часто координирующих при этом свою деятельность с помощью информационных технологий.

Ключевые слова: краудсорсинг, краудфандинг, объединение людей, принятие решений, толпа, социальные проекты, поиск средств.

Введение: «Краудсорсинг» (от латинского *crowdsourcing*, *crowd* – «толпа» и *sourcing* – «использование ресурсов») – передача некоторых производственных функций неопределенному кругу лиц, решение общественно значимых задач силами добровольцев, часто координирующих при этом свою деятельность с помощью информационных технологий [1].

Современные технологии (информационные, коммуникационные) меняют жизнь человека, он все более погружен в виртуальную сферу и активно использует ее в работе, решении личных и общественных проблем [2]. Именно новые технологические возможности позволили объединиться людям, но при этом они не соприкасаются в реальной жизни. Сегодня каждый из нас может повлиять на процесс принятия решений в той или иной области жизни – будь то ЖКХ, высадка зеленых насаждений, коррупция, установка дорожного знака. Более того, уже сегодня мы можем выстроить новый тип взаимоотношений с государством, бизнес-структурами и некоммерческими организациями (НКО). И, поэтому одним из инструментов выстраивания этих взаимоотношений можно назвать краудсорсинг.

Сам принцип краудсорсинга очень прост: группе заинтересованных лиц дается определенное задание (чаще всего это делается посредством интернета), затем выполнившие это задание предлагают свои варианты его выполнения заказчику, который в свою очередь их рассматривает, выбирает наиболее оптимальные вари-

анты решения проблемы и затем внедряет их в свою деятельность.

Наилучшим результатом краудсорсинга – является выработка коллективного опыта в решении различного рода проблем. Данный вид экономической деятельности связан непосредственно с развитием интернета и активностью людей в социальных сетях. С помощью интернет-технологий можно донести свои идеи обширной аудитории, более того, можно получить и экспертную помощь в управлении бизнесом или проектом [3].

Методология: Краудсорсинг – это процесс обсуждения и принятия решений благодаря объединению людей «исповедующих» одну идею или собравшихся для решения общей задачи. Ключевым фактором успеха краудсорсингового проекта является идея. Если идея проекта направлена на решение общественно значимых задач или помощь общества, Вы – обречены на успех!

Изучая данное явление, мы исследуем, из каких источников финансирования общество, государство и НКО может найти выход из создавшейся ситуации и решить положительно данный вопрос.

Основная часть: Современные методы работы, позволяющие активно использовать интеллектуальный потенциал общества и государства, краудсорсинг все более широко и активно используют коммерческие предприятия, органы государственной власти и некоммерческие организации. С каждым годом появляется все больше реализованных проектов с применением ме-

тогда краудсорсинга от разработки законопроектов и программного обеспечения до создания нового мороженого. Используя данный метод в сфере окружающей среды, мы можем осуществлять масштабные проекты, охватывающие большие территории, что очень важно для нашей страны. С развитием информационных технологий заинтересованные активные граждане нашего государства могут в постоянном режиме участвовать в решении социальных и экологических проблем, как своего региона, так и других территорий [4].

Для эффективности работы с инновациями нужны современные технологии, позволяющие отслеживать креативные идеи на соответствующих стадиях развития и оценивать отдачу после завершения их воплощения [5].

Понятие «краудсорсинг» впервые вошло в обиход с 14 июня 2006 года, когда в журнале «Wired» вышла статья профессора журналистики Джеффа Хауи, в которой шла речь о том, что в рамках поиска необходимых средств он использовал «толпу» – в качестве поиска необходимого ресурса. В американском толковом словаре (словарь Уэбстера) с 2011 года в связи с растущей популярностью появился термин «краудсорсинг», который переводился как: «Практика получения информации от больших групп людей онлайн».

Одной из разновидностей краудсорсинга является «краудфандинг» – это коллективное сотрудничество, основанное на доверии людей, которые объединяют свои деньги или другие ресурсы, через интернет, чтобы поддержать проекты, начатые по инициативе других людей или организаций. Краудфандинг может быть направлен на достижение различных целей, например на проведение политических кампаний, финансирование запуска нового производства или бизнеса [6].

В зависимости от направленности или сферы деятельности, можно рассмотреть следующие **виды краудсорсинга**:

1. Бизнес-краудсорсинг – самый распространенный вид, так как именно в сфере бизнеса чаще всего возникают задачи, при выборе решений которых лучше всего опираться не на единственный вариант, а на их множество и выбрать самый оптимальный.

2. Социально-общественный – опирается на решение любых задач, связанных с общественно значимыми вопросами и социальной жизнью людей. Проекты, связанные с поиском пропавших без вести людей, строительство детского сада или другого объекта общими усилиями или различные благотворительные проекты.

3. Политический – проекты, связанные с выяснением мнения о тех или иных действиях государства. Обычно этот вид краудсорсинга осуществляется в режиме голосования.

Задания, которые можно выполнять посредством краудсорсинга, следующие:

- создание продукта;
- поиск оптимального решения в каком-либо вопросе;
- поиск пропавших без вести людей;
- сбор и обработка информации;
- выяснение мнений и др.

Что же такое краудсорсинг для простого обывателя – это возможность решить сложные вопросы, получить новые идеи, осознать дальнейшее направление деятельности для своей организации, а также просто решить те или иные задачи при помощи окружающих людей. В данном случае – может быть конечный покупатель, пользователь сети интернет, человек с большим опытом по данному направлению, в общем виде – любой человек. Но за счет большого количества людей можно делать все, даже свернуть горы. При этом положительный эффект получают сразу три стороны:

- конечный потребитель, здесь может быть тот, кто ищет в дальнейшем материал по какой-либо проблеме, если у него возникают подобные вопросы.

- инициатор – простой обыватель, пользователь или даже компания, организация, заинтересованная в ответе на данный вопрос, предложение, поиск идей и т.д.

- ответчик – специалист, профессионал, любой обыватель, который заинтересован найти ответ на поставленный вопрос, результатом ответа которого будет полученный статус в обществе, материальная выгода, дальнейшие привилегии.

Выводы: Изучив множественные особенности краудсорсинговой деятельности, можно определить, что это очень мощный инструмент для развития малого бизнеса, который позволяет получить максимум вариаций решения и при этом минимизировать расходы. Он является хорошим инструментарием взаимодействия с клиентами, который может принести не только финансовую выгоду, но и поддержку для самой организации.

Базисом всех проектов, использующих краудсорсинг, являются талантливые люди, которые готовы жертвовать своим временем (обычно энтузиасты), которые занимаются такими проектами, стремятся не столько заработать денег, а сколько получить моральное удовлетворение от работы. Возможно, именно поэтому самыми масштабными примерами крауд-

сорсинга до сих пор были некоммерческие проекты.

Таким образом, государственные органы власти, которые хотят быть ближе к своему электорату и гражданам, бизнес-структуры, которые хотят обрести новую лояльность и стать нужнее потребителям, исследователи, нуждающиеся в различного рода данных – все могут применять систему краудсорсинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимов Н.Н., Паршина В.С. Краудсорсинг как способ активации развития персонала // Молодой ученый. 2012. №12. С. 233–236.
2. Лысенко О.Ю. Качественные методы социально-психологических исследований. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. С. 57–63.
3. Погорелый М.Ю., Селиверстов Ю.И. Инновационный процесс России в системе факторов экономического развития на современном этапе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 101–105.
4. Пушенко С.Л. Идентификация факторов социально-экономического риска // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 110–114.
5. Левинсон А.Н. Фокус-группы: эволюция метода (обзор дискуссии на конференции ESOMAR) // Мониторинг общественного мнения. 2003. №1 (63). С. 46–55.
6. Безуглый Э.А. Краудфандинг как современный инструментальный народный финансирования // Университет «Унион-Никола Тесла». - Lemima 2015, 17-19 April 2015. Belgrad, Serbia. IV-International Conference «Law, Economy and Management in Modern Ambiance». Vol. №1, 2015. С. 125–133.

Bezugly, E. A., Kutergin N. B., Alekseev N.A., Kovaleva, E.G., Radoutsky V.Y.

CROWDSOURCING IS A MODERN WAY TO SOLVE SOCIALLY SIGNIFICANT PROBLEMS

In the Russian economy the question of finding lower costs to the company, the ability to solve complex economic issues, large companies have come up with that catches the cry of a huge audience and for a modest fee, the company receives many different options that it and used. Such a process has a scientific name as «crowdsourcing». «Crowdsourcing» (from the Latin crowdsourcing, crowd – «crowd» and sourcing – «usage of resources») – transmission of some production functions to an indefinite circle of persons, the decision of socially significant tasks forces of the volunteers, often coordinating their activities through information technology.

Key words: crowdsourcing, crowdfunding, connecting people, decision making, crowd, social projects, search tools.

Безуглый Эдуард Александрович, кандидат экономических наук кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

E-mail: Eduardbezugly@mail.ru

Кутергин Николай Борисович, кандидат педагогических наук, доцент.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

Алексеев Николай Алексеевич, профессор.

Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

Ковалева Екатерина Геннадьевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

E-mail: Eduardbezugly@mail.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедра защиты в чрезвычайных ситуациях.

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

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, д. 71.

E-mail: zchs@intbel.ru

Гукова Е.А., канд. истор. наук,
Герасименко О.А., канд. экон. наук,
Авилова Ж.Н., канд. социол. наук.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЛИЯНИЯ ВУЗОВ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

avilova@bsu.edu.ru

В рамках данной статьи исследуется проблема оценки перспектив создания федеральных университетов и некоторые аспекты процесса формирования вузов нового типа путем слияния высших образовательных учреждений, рассматриваются действующие модели объединения вузов. А также представлена авторская модель слияния вузов в процессе формирования классических университетов.

Ключевые слова: модель, опорные вузы, слияние вузов, классический университет, реформирование.

Образовательная деятельность, в отличие от других отраслей экономики, является наиболее специфичной. Главная особенность ее в том, что основной целью работы вуза является выполнение социального заказа (подготовка специалистов), а получение доходов от внебюджетных операций и формирование прибыли выступает скорее единственной вспомогательной функцией, позволяющей вузу в рыночных условиях обеспечить нормальное осуществление своих первоочередных задач.

Тенденцией последних лет является формирование сети федеральных и национальных исследовательских университетов, которые в большинстве своем созданы путем объединения отдельных учебных заведений по территориальному признаку или по специализации. Процесс консолидации вузов вызван многими факторами демографической и экономической ситуации в стране, необходимостью повышения до мировых стандартов конкурентоспособности выпускаемых специалистов, реализации в полном объеме имеющегося научного потенциала высшей школы как части реального сектора экономики. Кроме того, объединение вузов призвано убрать ненужное количество дублирующих друг друга специальностей, которыми сегодня перенасыщен рынок. 17 сентября 2015 г. Министр образования и науки Российской Федерации Дмитрий Ливанов на совещании с ректорами российских вузов анонсировал ближайший старт конкурса по созданию региональных опорных вузов. «До конца сентября мы опубликуем конкурсную документацию по созданию опорных вузов в регионах России - сказал глава Минобрнауки России. Это вузы, которые будут возникать путем объединения однопрофильных лучших учебных заведений по модели создания федеральных университетов» [1]. Д. Ливанов

отметил, что создание таких вузов будет способствовать концентрации интеллектуального потенциала и созданию научно-образовательных комплексов, нацеленных на экономическое и социальное развитие регионов. Целью создания новых университетов является развитие системы высшего профессионального образования на основе оптимизации региональных образовательных структур и укрепления связей образовательных учреждений высшего образования с экономикой и социальной сферой федеральных округов [2]. К 2016 году большинство неэффективных вузов, которые не в состоянии давать качественное образование. По мнению Ливанова, это не приведет к повышению конкурса в оставшиеся вузы, поскольку из-за демографической ситуации число выпускников в школах снижается и в недалеком будущем сократится с 5,5 миллиона человек до 4,5 миллиона [3].

Методология. Различные аспекты модернизации и интегрирования российской системы ВПО в мировое образовательное пространство, в контексте Болонского процесса в том числе, исследовали в своих трудах ученые: В.А. Аршинов, А.М. Бабич, Е.С. Балабанова, С.Л. Батышев, Е.П. Белан, О.В. Блейхер, Е.А. Ваганов, И.А. Ерехинский, Е.И. Жильцов, М.Г. Кокорев, С.И. Плаксий, К. Пурсиайнен, А.А. Путилов, В. Сарнов., О.А. Свиридов, В.С. Сенашенко, В.В. Чугунов и др.

Вопросы оценки перспектив создания федеральных университетов и некоторые аспекты процесса формирования вузов нового типа путем слияния высших образовательных учреждений нашли отражение в работах и публикациях следующих специалистов и руководителей страны: А.В. Арсентьева, Н.Ф. Григорьев, А.О. Грудзинский, В.Г. Захаревич, Г.Е. Дунаевский, Л.Я. Дятченко, А.К. Клюев, Г.В. Майер, Д.А.

Медведев, В.В. Путин, В.А. Садовничий, А.А. Фурсенко, В. Е. Шукшунов и др.

Изучению различных вопросов экономики и управления образованием, как одной из ведущих отраслей народного хозяйства России, а также изучению различных аспектов системы менеджмента качества отечественного вуза посвящены труды Г.В. Белой, Ю.С. Васильева, Н.Г. Васильченко, А.Н. Гаврикова, Н.А. Зайцевой, В.К. Зиненко, А.П. Егоршина, В.И. Егоршина, Т.М. Кривошеевой, И.Н. Молчанова, Л.С. Морозовой, Г.В. Мухаметзяновой, Н.Д. Никандрова, Н.Г. Новиковой, Н.А. Платоновой, Н.П. Пищулина, И.А. Рождественской, Д.В. Трошкина и др.

Анализ литературы по теме исследования и нормативно-правовых актов позволил выявить два основных подхода к оценке целесообразности объединения учреждений образования: первый подход основан на использовании показателей синергетического эффекта [4], второй подход включает в себя методику расчета показателей мониторинга эффективности работы высшего образовательного учреждения, предложенную в 2013 году Министерством образования и науки РФ. Несмотря на многочисленные исследования, связанные с проблемами интеграции науки и образования в России, глубокого изучения требуют вопросы совершенствования организационно-экономического механизма слияния вузов в процедуру формирования федеральных университетов.

Основная часть. Под реформированием системы образования понимается комплекс мероприятий, законодательно регулируемый Правительством РФ, радикального изменения системы финансирования и управления вузами, принципов и подходов к оказанию образовательных услуг, соотношения между количеством учебных заведений разного уровня. В настоящее время следствием реформирования системы образования является реструктуризация высших учебных заведений.

Целью любой реорганизации является получение, прежде всего качественных изменений. Ключевым направлением системной модернизации образования на современном этапе является государственное институциональное проектирование на основе слияний и поглощений, в результате которого формируются укрупненные учебные заведения. Это в полной мере относится и к процессам образования федеральных вузов в России, которые, как правило, формируются на основе объединения ряда вузов с более крупным, становящимся в результате крупнейшим образовательным учреждением в федеральном округе.

Очевидно, что процесс объединения разных вузов - это процесс объединения разных культур, подходов, традиций, научных школ.

Реформа образования, предполагающая активное объединение российских вузов, была разработана Минобрнауки около десяти лет назад, а непосредственно объединение вузов началось в 2007 году с созданием в Ростове и Красноярске Южного и Сибирского федеральных университетов. Вскоре такие процессы начались в Якутске, Екатеринбурге, Владивостоке и Архангельске. В 2011 году в Москве процесс слияния прошли не менее 12 вузов. Самый «молодой» из которых – Крымский. Он был создан в августе 2014 года путем слияния семи вузов Крыма. В 2015 году Минобрнауки объявило о начале второго этапа реформы высшего образования в регионах, который предполагает объединение вузов в «опорные» многопрофильные университеты. В результате число вузов сократится на 40 %, а количество их филиалов – на 80 %.

Интерес вызывает опыт европейских стран по объединению вузов в единую систему. Так, например, в Германии в 2006 г. был создан союз технических университетов TU9 – объединение, созданное для улучшения сотрудничества с реальным сектором экономики, производством и бизнесом. В 2009 г. началась интеграция Технологического института Карлсруэ (KIT) и находящегося там же исследовательского центра, в новой структуре KIT работает 8500 сотрудников, а годовой бюджет превышает 500 млн. евро. В октябре 2012 г. 15 университетов объединились в союз под лаконичным названием U15. Важно отметить, что объединились сильные: университеты Бонна, Вюрцбурга, Геттингена, Гамбурга, Гейдельберга, Кельна, Лейпцига, Майнца, Мюнхена, Мюнстера, Тюбингена, Франкфурта-на-Майне, Фрайбурга и два берлинских университета, имеющие хорошую репутацию на рынке образовательных услуг. Однако необходимо избежать соблазна прямолинейного широкого копирования «лучших международных практик». Мы не сможем конкурировать в рейтингах с мировыми грандами напрямую – нам не хватит ресурсов, времени, репутации. Статистика показывает: средний возраст университета мирового класса – 180 лет, а более 45 % нобелевских лауреатов являются выпускниками всего 12 университетов. Чтобы восстановить международную конкурентоспособность российской высшей школы, необходимо тщательно анализировать и рационально использовать зарубежный опыт, но при этом разрабатывать и применять собственный подход. Болонская система - уже сделанный выбор, хотя

предстоит избавиться от рудиментов старого (индустриального) высшего образования в виде избыточного количества специальностей и направлений подготовки. В ближайшие годы возникнет новая, более компактная и структурированная архитектура высшего образования в результате активно идущих процессов слияния и санации слабых вузов с одновременным опережающим развитием университетов-лидеров. Значительная часть слабых вузов перейдет на подготовку только по программам бакалавриата и прикладного бакалавриата. Программы магистратуры и аспирантуры сохранятся в ведущих, регулярно подтверждающих высокий уровень работы университетах [5].

Распространены четыре модели объединения.

Первая – дивизиональное управление. В рамках этой модели происходит добровольное поглощение вуза. Здесь много плюсов для поглощаемого учебного заведения, т.к. ему достаются дополнительные имиджевые и финансовые блага, а также оно сохраняет большую часть своих возможностей.

Вторая – поглощение. В отличие от первой, поглощаемый вуз практически никаких плюсов не имеет, полностью растворившись в структуре головного.

Третья – слияние. Оба вуза имеют равные права, но формально как бы прекращают своё существование. То есть вместо двух и более старых появляется один новый, с новым названием, с образованием нового юридического лица.

Четвертая – поглощение, навязанное учредителем при поддержке региональных властей. Зачастую такая реорганизация вызывает конфликт.

Основным результатом формирования научно-образовательного кластера становится ускорение инновационного развития субъекта федерации, обусловленное комплексными преобразованиями в системе образования и науки – формирование эффективного единого научно-образовательного пространства с ядром в ведущем региональном университете. Являясь ключевым элементом национальной инновационной системы и многокомпонентного научно-образовательного кластера на уровне региона, подсистема образования становится непосредственным участником трансформации систем, происходящей, в том числе, в рамках институциональных преобразований, которые представляют собой создание условий для действия системы путем трансформации экономических, правовых, финансовых, собственных, организационно-управленческих институтов.

Обновленные классические и отраслевые вузы по-прежнему будут составлять ядро профессионального образования в России, а развитие исследовательских университетов является условием международного признания успехов российского высшего образования в ближайшие годы. Анализ слияний вузов в России показал как положительные, так отрицательные стороны этого процесса.

Позитивными моментами являются:

1) повышение качества образования путем подтягивания неэффективного вуза до уровня вуза, к которому его присоединяют;

2) сокращение затрат бюджета на содержание неэффективных вузов;

3) придание рыночного стимула укрупненного вузу для самостоятельного ведения крупных научно-исследовательских изысканий и зарабатывания денег путем расширения хозяйственной деятельности;

4) объединение имущественного комплекса и предоставление более широкого и качественного перечня услуг, включая образовательные, социальные, физкультурно-оздоровительные.

Одним из главных аргументов в пользу объединения вузов может стать увеличение финансирования. Позитивным моментом является то, что объединение вузов будет финансировано со стороны государства. Так, например, в федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов предусмотрены бюджетные ассигнования на государственную поддержку ведущих университетов России в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров в объёме: 12 млрд рублей – в 2015 году, 12,5 млрд рублей – в 2016 году, 13,1 – млрд рублей в 2017 году [6]. На формирование новой структуры организаций высшего образования путем выполнения пилотных проектов по разработке и реализации новых моделей вузов и новых образовательных программ, поддержка распространения результатов этих пилотных проектов предусматривает расходы на научные исследования в размере 48,9 млрд. руб. [7].

Негативные моменты:

1) оправданная и неоправданная борьба за власть и высокие доходы ректоров, с подключением к этой борьбе персонала вуза и студентов;

2) использование различных политехнологий и нечестных методов борьбы с использованием силовых структур, больше напоминающих рейдерский захват, нежели смену руководства вуза;

3) распродажа имущественного комплекса вуза;

4) превращение присоединенного вуза в филиал или факультет, с меньшим объемом финансирования, меньшим набором студентов, а в малых городах - к снижению экономической активности и доступа к получению образования;

5) отсутствие в головном вузе специальностей, на которых обучаются студенты присоединяемого вуза.

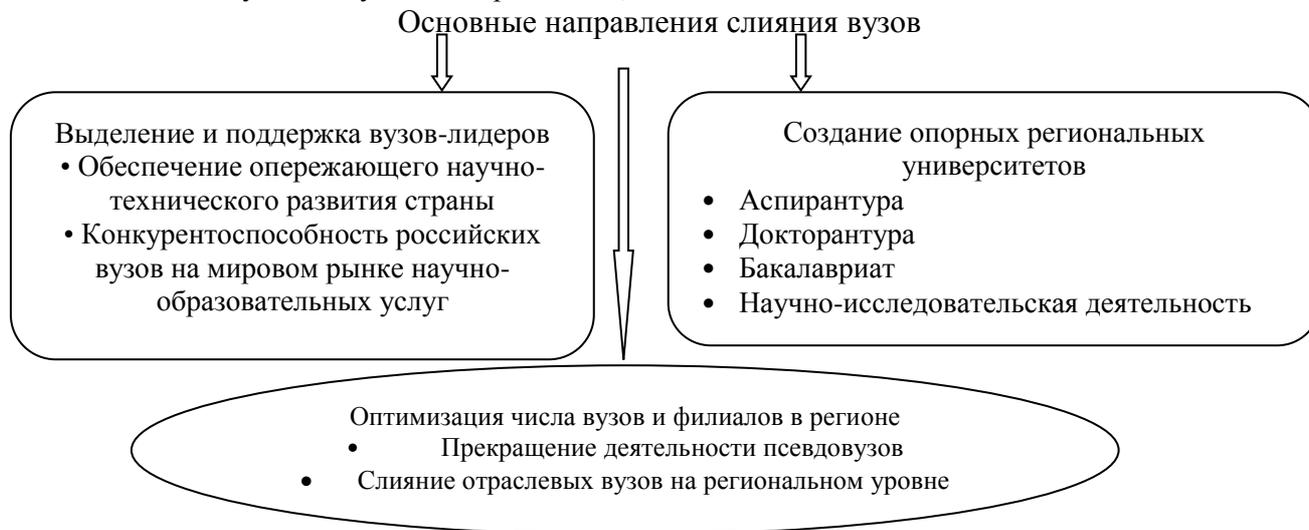


Рис 1. Основные направления слияния вузов в процессе формирования классических университетов

На предварительной стадии обязательно должны быть проработаны следующие направления:

- создание конкурентоспособных образовательных программ (на основе интеграции имеющихся достижений во всех вузах-участниках процесса объединения);

- формирование технологического обеспечения образовательного процесса;

- развитие материально-технической базы исследований и научной инфраструктуры;

- развитие кадрового потенциала объединенной структуры;

- управление организационной структурой объединенного вуза, создание эффективной финансовой и административной систем управления [8-13].

- формирование единого информационного пространства – то, что называется «электронным университетом» (образовательная деятельность, информационная, инфраструктурная поддержка науки, информационные системы управления).

Вывод. Согласно с государственной политикой Российской Федерации в области развития национальных исследовательских университетов, их первостепенная задача - выход на мировой уровень образовательной и научной деятельности, при котором национальные исследовательские университеты способны обеспечить сохранение и развитие потенциала науки и образования. В силу объективных обстоятельств, связанных с демографическим спадом и структурными изменениями в экономике страны происходит реорганизация вузов. Конечной целью

объединения вузов должно стать повышение качества подготовки студентов за счёт интеграции финансовых, материально-технических и интеллектуальных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конкурс по созданию опорных вузов в российских регионах [Электронный ресурс]. URL:<http://xn--80abucjiihbv9a.xn--p1ai/%D0> (дата обращения: 09.10.2015).

2. Разработка механизмов объединения учреждений высшего профессионального образования: Сборник материалов «круглого стола» 5 октября 2011г. М.: Финансовый университет, 2012. 130 с.

3. Виталий Петров. Экзамен для университетов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2015/07/06/livanov-site.html>(дата обращения: 09.10.2015).

4. Мальцева А.А. Институциональные преобразования системы образования в инновационной среде // Разработка механизмов объединения учреждений высшего профессионального образования: сборник материалов «круглого стола». М.: Финансовый университет, 2012. С. 32–46.

5. Высшее образование: тенденции [Электронный ресурс]. URL: <http://hotuser.ru/vysshee-obrazovanie-v-rf/2563-vysshee-obrazovanie-tendenczii>(дата обращения: 08.10.2015).

6. О государственной поддержке ведущих университетов России в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих миро-

вых научно-образовательных центров [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/16442/> (дата обращения: 09.10.2015).

7. КОНЦЕПЦИЯ Федеральной целевой программы развития образования на 2016 - 2020 годы [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/media/files/mlorxfXbbCk.pdf> (дата обращения: 07.10.2015).

8. Галичин В. Международный рынок образовательных услуг: основные характеристики и тенденции развития [Электронный ресурс]. URL: <http://www.intelros.ru/readroom/vek-globalizacii/vek2-2013/21217-mezhdunarodnyy-gynok-obrazovatelnyh-uslug-osnovnye-harakteristiki-i-tendencii-razvitiya.html> (дата обращения: 09.10.2015).

9. Дорошенко Ю.А., Малыгина И.О. Сущность и механизм формирования инновационной инфраструктуры высшего учебного заведения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 86–92.

10. Аркатов А.Я., Кондрашова Е.А. Интеллектуальные ресурсы – основа инновационного развития предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 128–132.

11. Владыка М.В., Дорошенко Ю.А. Инновационная среда экономики, основанной на знаниях (knowledge based economy). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2007. Т. 1. №1. С. 168–174.

12. Дорошенко Ю.А., Малыгина И.О. По-

вышение эффективности функционирования центров интеллектуальной собственности вуза как необходимое условие развития его инновационной инфраструктуры. Белгородский экономический вестник. 2014. №4 (76). С. 15–21.

13. Дорошенко Ю.А., Малыгина И.О., Осипцев П.И. Интеллектуальный капитал как фактор успешного формирования инновационной инфраструктуры вуза. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 192–195.

14. Куприянов С.В., Пересыпкина В.В. Проблемы и перспективы инновационного развития отечественного высшего образования как социально-экономической системы. В сборнике: Актуальные проблемы экономического развития сборник докладов Международной заочной научно-практической конференции, посвященной 20-летию института экономики и менеджмента. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 316–320.

15. Бухонова С.М., Селиверстов Ю.И. Проблемы учета коммерциализации в оценке интеллектуальной собственности. В сборнике: Экономика. Общество. Человек: межвузовский сборник научных трудов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013. С. 16-27.

16. Герасименко О.А., Авилова Ж.Н. Реализация государственно-частного партнерства в создании сети региональных ресурсных центров Белгородской области. Социально-гуманитарные знания. 2014. № 8. С. 245–257.

Gukova E.A., Gerasimenko O.A., Avilova Zh.N.

PERFECTION OF THE ORGANIZATIONAL-ECONOMIC MODEL OF THE MERGER OF UNIVERSITIES IN THE PROCESS OF CLASSICAL UNIVERSITIES

In this article we investigate the problem of assessing the prospects of creation of federal universities, and certain aspects of the formation of a new type of higher education institutions through the merger of higher education institutions are considered working models of association of universities. And also considers the organizational-economic model of the merger of universities in the process of classical universities.

Key words: *model, supporting universities, merging universities, classic university, reforming.*

Гукова Елена Арсеновна, кандидат исторических наук, доцент кафедры менеджмента организации. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85. E-mail: gukova@bsu.edu.ru

Герасименко Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85. E-mail: gerasimenko@bsu.edu.ru

Авилова Жанна Николаевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры менеджмента организации. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85. E-mail: avilova@bsu.edu.ru

Овчарова Н.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РИСКИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАУДФАНДИНГА КАК СПОСОБА ФИНАНСИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ

Kochetkov.volodya@yandex.ru

Статья посвящена одному из новых способов привлечения средств в проекты, которым является краудфандинг. Рассмотрена его сущность и приведен анализ преимуществ и недостатков данного способа привлечения средств, описаны риски применения краудфандинга как способа финансирования, а также распространения инноваций.

Ключевые слова: инвестиции, финансирование, привлечение средств, инновации, краудфандинг, информационные технологии.

Введение. На сегодняшний день самым актуальным вопросом, который стоит перед начинающими разработчиками является вопрос привлечения финансирования для реализации проекта. Традиционные формы привлечения капитала, такие как кредит, могут решить данные проблемы, однако начинающим компаниям и индивидуальным предпринимателям может быть проблематично взять кредит на хороших условиях. Проблема поиска капитала послужила толчком для развития новых моделей финансирования проектов, одной из которых является краудфандинг.

Методология. Методологическую основу статьи определило рассмотрение рисков применения краудфандинга, позволившее раскрыть сущность краудфандинга, как объекта продвижения и финансирования инноваций, определить формы проявления потребительского поведения на рынке инноваций, а также выделить и охарактеризовать участников коммерциализации рыночных инноваций, от которых в конечном счете зависит инновационный успех продукта

Основная часть. В XXI веке термин «инновация» прочно вошел в жизнь современного человека, а само явление инновации, описываемое этим термином, встречается все чаще в современном мире в целом и в экономике в частности. Инновационная деятельность осуществляется в рамках тенденции мировой экономики к модернизации и переходу в новое состояние, называемое в современной литературе инновационной экономикой, которую можно определить как основанную на потоке инноваций, на постоянном технологическом совершенствовании, на производстве и экспорте высокотехнологичной продукции с высокой добавочной стоимостью и самих технологий [1].

Во всем мире продвигать идеи на рынок изобретателям помогают специальные компании, в США их больше 5 тысяч, в России – 15-20. По статистике, из 100 изобретений внедряет-

ся только одно. Инновационная деятельность, как и любая другая деятельность по реализации проектов, предполагает необходимость финансирования. Источниками финансирования инновационной деятельности могут быть предприятия, финансово-промышленные группы, малый инновационный бизнес, инвестиционные и инновационные фонды, частные лица и так далее. Экстремально высокая неопределенность инновационных проектов является их отличительной характеристикой. Они имеют более высокий риск, чем другие инвестиции, например, в акции или облигации, вместе с тем принося более высокую доходность. Инвестиции в инновационные компании обещают высокий доход, однако риск потери вложений также высок [2]. Эти обстоятельства определяют повышенный риск для потенциальных инвесторов, что становится барьером для инновационных проектов к получению финансирования. В этой ситуации выходом для таких проектов становятся такие специфические виды инвестирования, как венчурные инвесторы, бизнес-ангелы и набирающий популярность краудфандинг. Краудфандинг - это механизм привлечения финансирования от широких масс с целью реализации продукта, помощи нуждающимся, проведения мероприятий, поддержки бизнеса и т.д. К плюсам данной формы привлечения средств можно отнести следующие:

- отсутствие отрицательных моментов, связанных со сбором средств от большого количества инвесторов (сбор множества документов, хождение по инстанциям, большие затраты времени и т.д.);
- отсутствие одного инвестора, который может фактически единолично управлять автором идеи/проекта с помощью финансовых рычагов;
- наличие большого количества инвесторов, которые совершают взносы в проект и будут поддерживать автора, рассказывая о его

идею своим друзьям и близким, что дает еще и медийную поддержку.

К минусам краудфандинга отнесем следующие:

- автор проекта может не торопиться с реализацией идеи или совсем исчезнуть с собранными деньгами;
- идею могут украсть недобросовестные люди;

• существует список запрещенных проектов, т.е. не все идеи допускаются на краудфандинговую платформу (зависит от платформы).

Выделяют 3 модели Краудфандинга по виду вознаграждения для спонсора:

Без вознаграждения (пожертвования),
Нефинансовое вознаграждение (модель Кикстартера),

Финансовое вознаграждение (Краудинвестинг) [3].

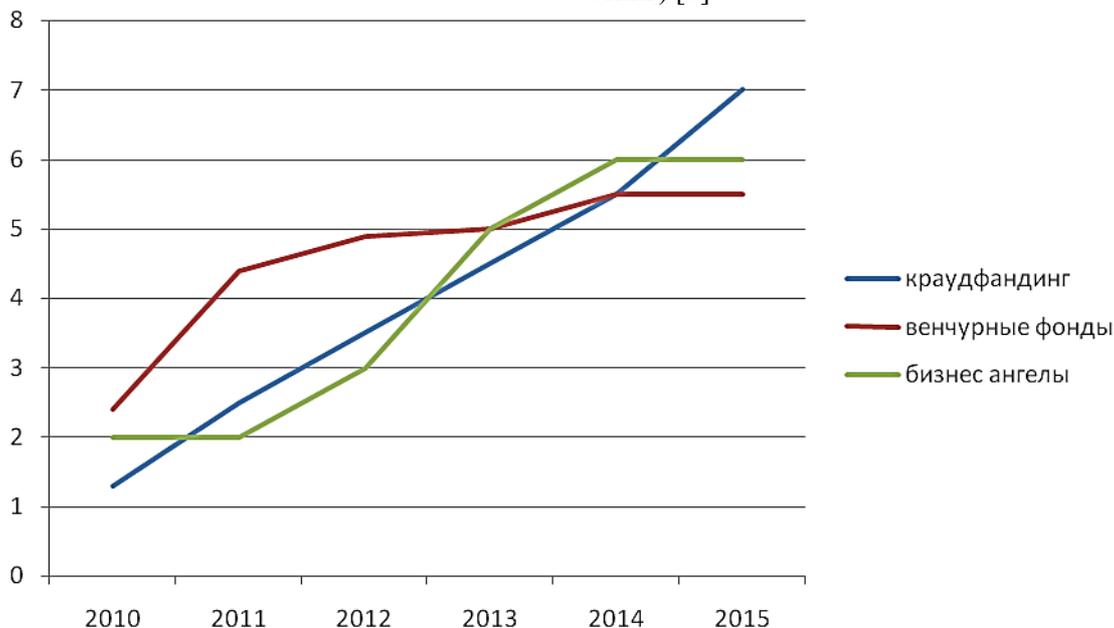


Рис. 1. Ежегодное финансирование: венчурные фонды, краудфандинг и бизнес-ангелы

На рисунке 1 видно, что в последнее время способ продажи инноваций за счет краудфандинга растет. Всего 5 лет назад, в 2010 году, оборот относительно небольшого Краудфандингового рынка, «населенного» ранними последователями, составлял всего \$880 млн. В 2014 году мы услышали цифру в \$16 млрд, а 2015 год, по оценкам экспертов, принесет уже \$34 млрд. Для сравнения, венчурная индустрия обрабатывает примерно по \$30 млрд в год. Одной из самых известных и крупных краудфандинговых платформ в мире является Kickstarter которая возникла в США в 2009 году. В России сейчас существует порядка 20 площадок (Рис.2.), самые крупные из которых – Planeta.ru и Boomstarter. Суммарные сборы обоих проектов на данный момент составляют 340 342 227 рублей.

Стоит отметить, что краудфандинг, как способ финансирования имеет высокую степень риска как в России, так и за рубежом.

Выделим риски краудфандинга в России:

1. Недостаточно развитое законодательство в данной области.

Решением данной проблемы может послужить разделение отечественного краудфандинга

на категории, тем самым обеспечив четкое понимание прав и обязанностей сторон, участвующих в каждом конкретном виде краудфандинга. Следует дать законодательное определение для каждой из сторон-участников. Возможно, стоит внести изменения и в налоговое законодательство, а именно, ввести налоговые льготы для проектов в области здравоохранения, социального обеспечения, в духовной сфере, т.к. они, безусловно, имеют большое значение для граждан нашего государства.

2. Отсутствие ответственности площадки перед инвесторами. Без аудита риски инвесторов серьезно возрастают. Отметим, что на данный момент существует Российская консалтинговая компания, предоставляющая решения для бизнеса в сфере Краудсорсинга, Краудфандинга и Краудинвестинга. В идеале, к предварительному аудиту проектов должен быть подключен целый консорциум фабрик-производителей, которые будут оценивать их жизнеспособность.

Большинство стартапов прогорает из-за отсутствия знаний ведения реального бизнеса. Нужно так или иначе фильтровать проекты и меть для этого современные методики. На дан-

ный момент на платформе «Kickstarter» незначительные правила регистрации: до запуска кампании достаточно показать руководству площадки действующий прототип своего изобретения. При этом никто не оценивает сложность производства этого прототипа. Более того, большинство стартаперов сосредоточены не на самом продукте, а конкретно на бизнесе. Определенно, стоит исследовать динамику развития краудфандинга за рубежом для использования их опыта и недопущения подобных ошибок [5].

О дальнейшем развитии краудфандинга в России говорить пока трудно. У нас традиционно играет большую роль фактор доверия. Многие считают, что в России краудфандинг не будет работать как финансовый инструмент, однако необходимость и преимущества данной площадки существенны. К тому же в России, краудфандинг без должного законодательства можно представить как очередное мошенничество, отклик на большинство краудфандинговых проектов пока невысок, однако в данное время этот вопрос актуален и из-за острой необходимости развития инновационных технологий в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакланов А.О., Диденко Н.И. Роль инноваций в мировых процессах экономического роста и развития. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. С.89.
2. Балаш В.А., Фирсова А.А., Чистопольская Е.В. Специфика оценки эффективности инновационных проектов с использованием портфельного подхода // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2012. Т. 12. № 2. С. 73.
3. Что такое краудфандинг?, 2013 Электронный ресурс [URL]: www.crowdsourcing.ru/article (дата обращения: 10.10.2015)
4. Гришутина С.Н., Гулевский М.П. Развитие предприятий и их взаимодействие с рынками сбыта в условиях финансово-экономического кризиса // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №2. С. 164–169.
5. Старикова М.С. Развитие инновационного сектора Российской экономики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №6 С. 122.

Ovcharova N.In.

RISKS OF USING CROWDFUNDING AS A METHOD OF FINANCING AND INNOVATION

The article is devoted to one of new ways of attracting funds to the project, which is crowdfunding. Considered its essence and provides an analysis of the advantages and disadvantages of this method of raising funds, describes the risks of using crowdfunding as a method of financing, and diffusion of innovation.

Key words: *investments, financing, fundraising, innovation, crowdfunding, information technology.*

Овчарова Наталья Владимировна, аспирант.

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

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

E-mail: Kochetkov.volodya@yandex.ru

*Костыря А.В., канд. экон. наук, доц.**Белгородский государственный национальный исследовательский университет***К ВОПРОСУ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА БЕЛГОРОДЧИНЕ****nutako@rambler.ru**

Имеющиеся заделы в Белгородской области направлены на производство продовольственных товаров, а именно мяса, молочных продуктов, сои, ягод и овощей защищенного грунта, цветочной продукции, металлоконструкций, труб, светодиодных светильников, фармацевтических препаратов, лизин-сульфата, метрологического оборудования, лакокрасочной продукции. Потенциальные возможности региона определяются как дальнейшим развитием уже имеющихся заделов и увеличением числа проектов в «приглянувшихся» сферах, так и апробированием их в совершенно новой отрасли, такой как тракторостроение.

Ключевые слова: *заделы и потенциальные возможности региона, импортозамещение, 18 приоритетных отраслей, производство, импорт, сельхозпродукция, тепличный комплекс, валютный рынок.*

Введение. В своем ежегодном обращении к Федеральному Собранию Президент Российской Федерации В.В. Путин заявил, что страна добьется успеха, если сама заработает свое процветание и благополучие [1]. Взяв курс на импортозамещение, Минэкономразвития определило 18 приоритетных отраслей, среди которых оборудование для пищевой промышленности, тяжелое машиностроение, энергетическое машиностроение, электрохимическая и кабельная промышленность, нефтегазовое машиностроение, станкоинструментальная промышленность, судостроительное оборудование, радиоэлектронная промышленность, химическая и нефтехимическая промышленность, фармацевтическая промышленность, медицинская промышленность, промышленность обычных вооружений, гражданское авиастроение, двигателестроение, комплектующие и оборудование для транспортного машиностроения [2].

Методология. Для сбора и последующего анализа информации использовались открытые источники информации.

Основная часть. По словам Президента РФ, «...за счет модернизации промышленности, строительства новых предприятий, локализации конкурентного производства в России...» возможно будет «...существенно сократить импорт по многим позициям, вернуть собственный рынок национальным производителям...». И это не только рынок оборудования, товаров легкой промышленности, но и, «конечно, рынок продовольствия» [2].

Но это не значит, что теперь каждый регион должен с головой окунуться во все отрасли сразу. Говоря языком Министра экономического развития РФ А. Улюкаева, импортозамещение «...это инструмент, к которому нужно относиться достаточно критически и рационально...Где-то это работает, а где-то – нет...» [2]. Следова-

тельно, для того чтобы определиться на уровне региона, агломерации с выбором приоритетных направлений развития, необходимо проанализировать имеющиеся заделы и потенциальные возможности.

Белгородская область – лидер агропромышленного сектора России. По объему сельхозпродукции она занимает 4 место в РФ. В таблице 1 представлена информация о доле производства продукции региона в общероссийском производстве [3].

В 2014 году Белгородская область продолжала наращивать объемы по производству сельхозпродукции (табл. 2) [4].

Наибольший прогресс по наращиванию объемов в 2014 году по сравнению с 2013 годом наблюдался в производстве зерновых и зернобобовых культур (+16,9 %), сахара-песка (+15,6 %) и свинины, включая субпродукты (+14,4 %).

Также стоит отметить, что в сентябре 2014 года в Белгородской области по инициативе ЗАО «Краснояржская зерновая компания» были открыты элеватор мощностью хранения на 50000 тон зерна, завод по переработке подсолнечника и сои мощностью 130 тонн в сутки и 72 тонны в сутки соответственно и завод для очистки семян многолетних трав и зерновых культур мощностью 10 тонн в час. Данный факт говорит о том, что регион нацелен продолжать рост производства зерновых культур.

В целях дальнейшего развития мясоперерабатывающей отрасли в селе Бессоновка Белгородского района открыт новый мясокомбинат, рассчитанный на выпуск 12,5 тыс. тонн готовой мясной продукции в год [3].

ОАО «Корпорация развития» называет Белгородскую область тепличной столицей России [3]. В ней разработан тепличный кластер 500 га, целью которого является занять 10–12 % объема рынка РФ. По данным того же источника ем-

кость рынка овощей защищенного грунта в 2014 году в РФ составила 1700 тыс. тонн, из которых лишь 35 % покрывается отечественными произ-

водителями, тогда как 65 % отводится импортной продукцией.

Таблица 1

Доля производства продукции Белгородской области в общероссийском производстве

Наименование продукта	Удельный вес производства продукции в общероссийском производстве в 2013 году, %
Свинина (парная, остывшая, охлажденная)	34
Полуфабрикаты мясные	21
Мясо и субпродукты	28
Мясо и субпродукты домашней птицы	18
Продукты молочные сгущенные	20
Комбикорма	19
Майонез высококалорийный	15
Маргарин твердый	13
Сахар белый	8
Масло подсолнечное	11
Шоколад и сахаристые кондитерские изделия	5

Таблица 2

Объемы производства сельхозпродукции в Белгородской области в 2014 году

Показатели	Единица измерения	Отчет за 2014 год	По отношению к 2013 году, %
Свинина, включая субпродукты	тыс. тонн	535,7	114,4
Мясо и субпродукты пищевые домашней птицы	тыс. тонн	660,9	102,0
Цельномолочная продукция в пересчете на молоко	тыс. тонн	282,5	104,2
Масла растительные нерафинированные	тыс. тонн	397,0	101,9
Сахар-песок	тыс. тонн	441,4	115,6
Комбикорма	тыс. тонн	4277,2	105,0
Зерновые и зернобобовые культуры (в весе после доработки)	тыс. тонн	3524,8	116,9
Сахарная свекла (фабричная)	тыс. тонн	2814,1	92,1
Подсолнечник	тыс. тонн	314,8	79,0
Скот и птица (в живом весе), в том числе:	тыс. тонн	1531,1	101,9
птица	тыс. тонн	770,0	101,3
свиньи	тыс. тонн	722,1	102,7
Молоко	тыс. тонн	543,5	100,2
Яйца	млн шт.	1299,5	107,0

На сегодняшний день в Белгородской области действует 4 тепличных комплекса общей площадью 50,3 га, которые в 2014 году по данным Департамента АПК Белгородской области произвели 16004 тонны овощей [3]. И хотя в тоннах звучат внушительные цифры, это составляет чуть более 74% от минимальной нормы потребления на человека.

В целом же по России данный вклад никоим образом не повлиял на овощной рынок. Ростат опубликовал данные по инфляции с начала

2015 года. На новогодних каникулах, с 1 по 12 января, цены в России выросли на 0,8 % – это почти втрое выше, чем в 2014 году (0,3 %). Больше всего подорожали продукты питания. Рост цен на некоторые из них в несколько раз превысил уровень инфляции: например, плодоовощная продукция обогнала этот показатель в 7 раз, прибавив 5,7 % [5]. В таблице 3 представлен перечень продуктов, которые в большей степени стали виновниками данной ситуации.

Продуктовое эмбарго на продукцию стран ЕС привело лишь к смене поставщиков. В таб-

лице 4 представлены некоторые из них.

Таблица 3

Перечень продуктов, которые наиболее всего подорожали в I половине января 2015 года [2]

Наименование	Рост цен, %	Примечание
Огурцы свежие	14,9	Сезонность и высокая зависимость от импорта. В декабре 2014 года огурцы подорожали на 28,1 %.
Капуста свежая	11,1	Цены на белокочанную капусту в 2014 году выросли на 31,7%.
Лук репчатый	7,7	Почти все овощи и фрукты зимой Россия импортирует. В среднем зимой-весной объем импорта составляет 70-75 %, и всегда есть сезонный рост цены – предыдущие периоды с декабря по май – в среднем на 30–35 % за весь сезон.
Морковь	6,3	По данным ТПП, порядка 10% общего объема годового потребления овощной продукции приходится на импорт. Но морковь, как и другие сезонные овощи (в том числе капуста, лук и картофель) вне сезона (зима, весна) Россия также закупает за границей.
Сахар-песок	5,9	В 2014 году сахар подорожал больше всех остальных продуктов – на 40 %, обогнав годовой показатель в 11,4 % почти вчетверо.
Картофель	5,3	Ограничение ввоза картофеля из ЕС, откуда в этот сезон ввозился картофель, по причине продуктового эмбарго. На оставшийся импорт оказывает влияние растущий курс доллара. На это накладывается недостаток качественной продукции на внутреннем рынке – его негде хранить.
Помидоры свежие	5,7	Цены на импортные овощи (в том числе помидоры, которые в силу сезонности также импортируются) напрямую зависят от роста иностранной валюты, в которой поставщики заключают контракты.
Сыры сычужные, твердые, мягкие	1,9	В 2014 году цены на молочную продукцию выросли на 14,4 %. Причина – дефицит молока и сильная зависимость от импорта. После введения продуктового эмбарго в августе 2014 года освободилось 20% рынка сыров. Российские производители и новые партнеры по импорту не смогли сразу заместить весь объем выпавших поставок.
Рис	3,4	Почти 90 % длиннозерного риса импортируется, поэтому цена на него напрямую зависит от роста курса доллара.
Яблоки	3,3	Кроме сезонного фактора на рост цен повлияло изменение структуры поставок. Россия импортирует яблоки более чем из 50 стран. До продовольственного эмбарго 59,5 % импорта приходилось на страны ЕС.

Таблица 4

Ряд новых поставщиков продовольственных товаров на рынок РФ [2]

Наименование продукта	Страна-поставщик
Орехи	Гватемала
Тыквы и кабачки	Пуэрто-Рико
Свежая земляника	Швейцария
Ягоды	Македония
Каракатицы, кальмары	Белоруссия
Мандарины	Казахстан
Зеленый горошек	Индия
Огурцы и корнишоны	Грузия
Сельдерей	Иран
Мясо КРС	Новая Зеландия
Рыба	Республика Корея, Эквадор
Бананы	Гана
Куриное мясо	Турция
Грибы	ЮАР

Стоит отметить, что со многими поставщиками, представленными в таблице 4, товарно-денежные отношения осуществляются в иностранной валюте, а, следовательно, уровень цен на продовольственном рынке снова будет зависеть от ситуации на валютном рынке.

Тепличные комплексы в Белгородской области используют не только для выращивания овощей.

В областном центре в 2014 году состоялось открытие современного тепличного комплекса по выращиванию роз под торговой маркой «Розы Белогорья». Первая очередь комплекса располагается на 3 га земли, отведенных непосредственно под теплицы и административно-бытовой корпус. По словам директора компании IZOVOL AGRO А. Изотова «...проект по выращиванию роз – новый как для ... компании, так и для региона в целом. Рынок Белгородчины преимущественно насыщен цветами импортного производства...», поэтому компания поставила «...себе цель – вырастить розы, не уступающие голландским...» [6].

Анализ информации, представленной ОАО «Корпорация развития» [3, 7], говорит о том, что Белгородчина не собирается мобилизовывать свои силы только вокруг продовольствия и цветов.

В Белгородской области открыто новое производство мостовых металлоконструкций. В Борисовском районе запущен новый цех ЗАО «Борисовский завод мостовых металлоконструкций», рассчитанный на 100 рабочих мест. Стоит отметить, что его оснащение производилось оборудованием отечественного производства, взятым в лизинг.

В Волоконовском районе ООО «Билайт» завершен первый этап проекта по организации производства светодиодных светильников проектной мощностью 50 тыс. штук в год.

ООО «ПИК-ФАРМА ЛЕК» осуществлен ввод первой очереди по производству готовых лекарственных средств проектной мощностью 606 млн. единиц готовой продукции в год.

В Чернянском и Красненском районах области организовано производство земляники садовой.

ЗАО «Завод Премиксов №1» запустило производство лизин-сульфата.

Компанией «ЭФКО» введена в эксплуатацию первая очередь завода по переработке сои мощностью 1000 тонн в сутки.

В составе группы компаний ИМС в городе Белгороде начал действовать калибровочный центр в рамках нового предприятия

по производству метрологического оборудования для нефтегазовой отрасли России.

Здесь следует упомянуть и о том, что на территории региона успешно реализуются проекты иностранных инвесторов [3]:

- в Прохоровке открылся новый цех филиала ООО «Хохланд Руссланд», занимающегося производством творожных сыров, что позволит вдвое увеличить проектную мощность предприятия и довести объем производства до 19 тыс. тонн в год;

- в городе Шебекине открылся завод по производству усилителей вкуса кормов для домашних животных, построенный французской компанией DIANA Group;

- американская фармацевтическая компания «Abbott Laboratories» является практически полным владельцем компании «Верофарм», один из заводов которой находится в городе Белгороде.

Что же касается потенциальных возможностей региона, то он продолжает расширять уже имеющиеся заделы и находит новые сферы по расширению деятельности [3]:

- ООО «Билайт» приступило к реализации второго этапа проекта с целью расширения производства светодиодных светильников до 1 млн. штук в год;

- ОАО «Ракитянский арматурный завод» завершает второй этап реализации проекта строительства производственного комплекса по изготовлению прямошовных сварных труб проектной мощностью 1000 тонн в год;

- продолжается расширение тепличного комплекса, осуществляются строительномонтажные работы, ведется поставка технологического оборудования;

- Компания «ЭФКО» приступила к строительству второй очереди завода по переработке сои;

- второй производственный комплекс по глубокой переработке свинины МПЗ «Агро-Белогорье» должен заработать осенью 2015 года. Новая площадка предполагает обвалку 360 полутуш в час;

- группа компаний "ЭФКО" выступила инвестором по строительству завода по производству йогуртов в городе Алексеевка Алексеевского района;

- ООО «Завод «Краски КВИЛ» завершает реализацию инвестиционного проекта по модернизации лакокрасочного производства, что позволит в 2016 году увеличить объем производства продукции в 1,7 раза;

- совместно с Минским тракторным заводом планируется организация в Белгородской

области сборочного производства энергонасыщенных тракторов. Мощность машин составит от 150 до 400 л.с., объём производства – более 100 единиц в год;

– в Валуйском районе заложена плантация грецкого ореха на 52 гектара и фундука на площади 50 гектаров. В осенний период намечено расширение площадей посадки орехов до 80 гектаров;

– также в Валуйском районе заложен яблоневый сад площадью 27 гектаров. Планируется высадка яблонь ещё на площади 59 гектаров;

– яблоневый сад на площади 20 гектаров заложили в Яковлевском районе. Проектная мощность сада составляет по оценкам агрономов 1 тыс. тонн (50 тонн с гектара);

– французская компания «Voccard» заключила соглашение о сотрудничестве в строительстве фармзавода в Яковлевском районе с инвестиционным консорциумом «Magnus Union» и ГК «Фармконтракт». «Voccard» планирует заняться проектированием и установкой оборудования. Проектная мощность завода – 680 млн. условных единиц готовых лекарственных форм и 50 т субстанций ежегодно. Непосредственной реализацией проекта занимается ОАО «Управляющая компания «Белфарма». Также сообщалось, что в техоснащении производства участвует немецкий концерн «Bosch».

Выводы. Итак, можем подытожить, что имеющиеся заделы в Белгородской области направлены на производство продовольственных товаров, а именно мяса, молочных продуктов, сои, ягод и овощей защищенного грунта, цветочной продукции, металлоконструкций, труб, светодиодных светильников, фармацевтических препаратов, лизин-сульфата, метрологического оборудования, лакокрасочной продукции. Потенциальные возможности региона определяются как дальнейшим развитием уже имеющихся заделов и увеличением числа проектов в «приглянувшихся» сферах, так и апробированием их в совершенно новой отрасли, такой как тракторостроение.

Стоит отметить, что для производства многих перечисленных товаров так или иначе используются импортные технологии, оборудование, машины, сырье, что, в свою очередь, ставит под вопрос «чистоту» процесса импортозамещения. Положительный ответ на него возможно будет дать только тогда, когда в РФ появятся свои технологии и сопутствующие им технические средства, способные конкурировать с импортными.

По-нашему мнению, реализацию иностранных инвестиционных проектов по сути нельзя

четко совместить с процессом импортозамещения, который предполагает независимость от импортных товаров. С одной стороны, у нас появляются новые товары, услуги, рабочие места, налоговые поступления, с другой – зависимость от менеджмента иностранного руководства, который при определенной геополитической ситуации находит возможность изнутри компании «дергать за ниточки» санкций. И тому пример недвусмысленная ситуация, возникшая между местным руководством «Верофарм» и руководством «Abbott Laboratories» и вызвавшая еще в декабре 2014 года проверку Генпрокуратурой России и Госинспекцией по труду [8]. При этом также сохраняется зависимость от лицензий, импортных технологий, оборудования, сырья и ситуации на валютном рынке.

И здесь, как нельзя кстати, уместным будет привести слова Е. Примакова, сказанные им в выступлении на заседании «Меркурий-клуба» 13 января 2015 года: «...Мы заинтересованы в сохранении или налаживании отношений со всеми странами и зарубежными компаниями, которые проявляют в этом заинтересованность. Но при любой ситуации единственной альтернативой для России является опора, в первую очередь, на наши внутренние резервы и возможности для количественного и качественного роста экономики...» [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Примаков Е. Для роста экономики Россия должна опираться на внутренние резервы // Статус Белгорода. 2015. № 1 (58). С. 10-15.
2. РБК+ [Электронный ресурс]. URL: <http://top.rbc.ru>
3. Российский фонд прямых инвестиций [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.investinrussia.com/>
4. Официальный сайт Правительства Белгородской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.belregion.ru>
5. РБК+ [Электронный ресурс]. URL: <http://daily.rbc.ru>
6. Изотов А. Спешите дарить «Розы Белогорья» // Статус Белгорода. 2015. № 1 (58). С. 32-33.
7. Инвестиционный портал Белгородской области [Электронный ресурс]. URL: <http://belgorodinvest.ru>
8. Трифонов В. Российские фармацевты приняли санкции внутрь [Электронный ресурс] // Т. 26.02.2015. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/2675265>

Kostyrya A.V.

TO THE QUESTION OF SUBSTITUTION ON BELGORODCHINA

Available reserves in the Belgorod region are aimed at the production of foodstuffs, namely meat, dairy products, soy, berries and greenhouse vegetables, flower production, steel structures, pipes, LED lamps, pharmaceuticals, lysine-sulfate, metrology equipment, paints and varnishes. The potential of the region is defined as a further development of the existing backlog and the increasing number of projects in the «vending» fields and their trial run in an entirely new industry, such as a tractor.

Key words: backlog and the potential opportunities of the region, import substitution, 18 priority sectors, production, import, agricultural, greenhouse complex, the foreign exchange market.

Костыря Анна Васильевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

E-mail: nutako@rambler.ru

Сомина И.В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ КЛЮЧЕВЫХ СЕКТОРОВ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ ПО ПРИНЦИПУ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА

irasomina@yandex.ru

В работе развивается концепция «затраты-выпуск» (методология межотраслевого баланса), предложенная В. Леонтьевым, применительно к национальной инновационной системе России. Введено понятие «инновационный продукт сектора НИС», определена общая структура таблицы межотраслевого баланса инновационной системы России, представлены некоторые важнейшие соотношения между ее элементами.

Ключевые слова: национальная инновационная система, балансовая модель, инновационный продукт.

Введение. В последние годы в России повышенное внимание обращено к инновационной составляющей развития экономики, что подтверждается ключевыми положениями утвержденной Правительством РФ в конце 2011 г. Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. Свидетельством поддержки заявленного стратегического курса вплоть до настоящего момента времени являются неоднократные высказывания Президента РФ. В частности, в июле 2015 г. в ходе общения с участниками молодежного форума «Территория смыслов» В. Путин назвал главной задачей правительства России и руководства регионов «развитие страны как инновационной современной державы» [8].

В современной России сформировалось понимание того, что успешнее всего инновационные процессы протекают в самоподдерживающейся среде - инновационной экосистеме, отношения между субъектами которой максимально отлажены и гармонизированы. Однако результаты проведенного нами анализа открытых источников информации и официальных сайтов ключевых участников инновационного рынка РФ [1, 2, 9, 10] позволяют констатировать факт отсутствия единого представления о субъектном составе и направлениях совершенствования взаимодействия элементов инновационной системы России. Подтверждением этого служит официальная информация, размещенная на сайте одного из государственных институтов развития – ОАО «Российская венчурная компания»: «Для формирования эффективной государственной политики в области научно-технологического и инновационного развития необходима информация обо всех ключевых объектах и субъектах инновационной системы, о происходящих в ней процессах, о трендах ее развития, о проблемах и разрывах в ней. При этом на сегодняшний день не существует це-

лостной «карты» инновационной системы России, в результате чего невозможно сформировать эффективную стратегию и программы ее развития, учитывающие весь комплекс факторов, проблем и возможностей» [9]. Совокупность вышеуказанных обстоятельств определяет актуальность и практическую значимость развития теоретико-методологических и методических вопросов обеспечения сбалансированного развития национальной инновационной системы.

Методология. В качестве методологической основы данного исследования примем классическое представление о балансовой модели соответствия наличия определенных ресурсов (продуктов/результатов деятельности экономических объектов) фактической потребности в них.

Как известно из истории экономической мысли, впервые балансовые пропорции между натуральными и стоимостными элементами производства были отражены в 1758 г. в «экономических таблицах» Ф. Кенэ [6], описывающих представление французского экономиста о процессе общественного воспроизводства. Позже балансовое соответствие общественных доходов цене (меновая стоимость) годового продукта общества получило обоснование в работах А. Смита [7]. Балансовое равенство общественного продукта суммированным в определенных пропорциях величинам постоянного капитала, переменного капитала и прибавочной стоимости для простого и расширенного воспроизводства составляет методологическую основу схем общественного воспроизводства К. Маркса [4].

В современной экономической практике использования балансового метода наибольшее распространение получила методология межотраслевого баланса В. Леонтьева (метод «затраты-выпуск») [3]. Модель отражает связи между производством и распределением продукции в

отраслевом разрезе, а также сопутствующими этому процессу затратами. При этом каждая отрасль или сектор экономики рассматривается, с одной стороны, как потребитель определенного набора товаров и услуг, с другой стороны, - как производитель тех или иных видов продукции/услуг для собственных нужд и удовлетворения потребностей других отраслей. В итоге формируется табличная (матричная) форма, отражающая процесс формирования и использования совокупного общественного продукта в отраслевом разрезе. Получившая мировое признание модель Леонтьева предполагает использование широкого спектра действенных математических инструментов анализа и прогнозирования, позволяющих исследовать межотраслевые связи и разрабатывать направления оптимизации отраслевой структуры национального хозяйства.

Как нам представляется, рассмотренная методология может быть использована применительно к секторам (элементам) национальной инновационной системы.

Основная часть. Сформулируем базовые положения авторского подхода к анализу структурных взаимосвязей субъектов инновационной системы России по принципу межотраслевого баланса.

В целях нашего исследования считаем целесообразным ввести понятие «инновационный продукт сектора НИС», под которым будем понимать рыночную стоимость инновационных товаров в материально-вещественной форме, инновационных услуг, инновационного (венчурного) капитала, объектов интеллектуальной собственности, подготовленных университетами кадров для инновационно ориентированных субъектов национальной экономики, произведенных соответствующим сектором НИС за определенный период и предназначенных для потребления, экспорта и накопления.

Опираясь на методологию В. Леонтьева, введем следующие условия:

1. Представим структуру национальной инновационной системы (НИС) как совокупность секторов (отраслей), выпускающих определенные инновационные продукты, часть которых потребляется другими секторами (промежуточный инновационный продукт), остальное идет на конечное потребление (конечный инновационный продукт).

Основываясь на сформированном нами в ходе ранее выполненных исследований [5] представлении о субъектном составе инновационной системы российской экономики, считаем допустимым выделение следующих секторов в структуре НИС:

а) университеты и прочие научно-исследовательские организации – главный источник инновационных идей и технологических разработок, а также инновационно ориентированных кадров; инновационный продукт отрасли – кадры и научно-технические услуги, востребованные субъектами инновационной системы, а также объекты интеллектуальной собственности;

б) индустрия венчурных инвестиций, функции которой заключаются в обеспечении инновационной системы не только венчурным капиталом, но и бизнес-компетенциями; основной инновационный продукт отрасли – венчурный капитал, размещенный в инновационно ориентированные компании;

в) малые инновационные предприятия (МИП), успешное функционирование которых – главный результат и показатель эффективности инновационной системы; инновационный продукт сектора выражается в объемах продаж инновационной продукции/услуг, а также инновационных активах, востребованных другими субъектами НИС;

г) инновационно ориентированные крупные и средние предприятия (организации), инновационный продукт которых представлен объемами востребованных рынком инновационных товаров/услуг (возможна разбивка по видам экономической деятельности);

д) субъекты инновационной инфраструктуры, которая представлена материальной (бизнес-инкубаторы, инжиниринговые центры, наукограды и т.п.) и нематериальной (специальные сервисы – услуги по защите интеллектуальной собственности, по выводу и продвижению инновационной продукции на зарубежные рынки, аутсорсингу «неинновационных» аспектов деятельности и т.д.) составляющими; инновационный продукт отрасли – услуги, востребованные другими субъектами НИС;

В модели межотраслевого баланса НИС инновационный продукт каждой отрасли может быть представлен как в натуральном, так и в стоимостном выражении. Авторские предложения в части стоимостной оценки инновационных продуктов выделенных секторов инновационной системы России отражены в табл. 1.

2. Каждый сектор (отрасль) НИС должен быть «чистым», т.е. он должен объединять всех субъектов рассматриваемой инновационной системы соответствующей функциональной направленности, «производящих» определенный тип инновационного продукта, вне зависимости от административной принадлежности и формы собственности. Так, например, венчурные подразделения крупных промышленных компаний,

по нашему мнению, следует относить к венчурной индустрии.

Таблица 1

Стоимостная оценка инновационных продуктов ключевых секторов инновационной системы России

Сегмент (отрасль) НИС	Стоимостная оценка инновационного продукта сектора
Университеты и прочие научно-исследовательские организации	Фонд оплаты труда персонала субъектами НИС (выпускников университетов соответствующего периода, востребованных инновационно ориентированными организациями) Стоимость научно-технических услуг, оказанных университетами и иными научно-исследовательскими организациями другим субъектам НИС Стоимостная оценка объектов интеллектуальной собственности, переданных университетами и иными научно-исследовательскими организациями другим субъектам НИС
Венчурная индустрия	Стоимость венчурного капитала, размещенного в инновационно ориентированные компании
Малые инновационные предприятия	Объем инновационных товаров, работ, услуг малых предприятий (определяется согласно методологии Росстат [11]) Стоимость инновационных активов МИП, проданных иным субъектам НИС, включая сделки M&A
Инновационно ориентированные крупные и средние предприятия (организации)	Объем инновационных товаров, работ, услуг организаций крупного и среднего бизнеса (определяется согласно методологии Росстат [11])
Субъекты инновационной инфраструктуры	Стоимость услуг, оказанных субъектами инфраструктуры другим субъектам НИС

3. Под инновационно-технологическим процессом в секторе будем понимать преобразование отдельных инновационных продуктов и услуг, поставщиками которых выступают другие сектора НИС, в иные инновационные товары/услуги. При этом, в отличие от модели В. Леонтьева, соотношение произведенных и потребленных инновационных товаров/услуг будет подвижным для технологии преобразования одного инновационного продукта в другой в пределах каждого сектора НИС. Причем мы ведем речь не только о производственных инновационных технологиях, которые, безусловно, не могут характеризоваться неизменностью материальных затрат на производство единицы инновационной продукции. В предлагаемой модели также важна оценка уровня затрат научно-технических и инфраструктурных услуг, инновационного (венчурного) капитала, инновационно ориентированных кадров (выпускников университетов) на единицу инновационной продукции соответствующего сектора в условиях определенного уровня развития НИС. Полагаем, в общем случае могут быть использованы сложившиеся в текущем периоде пропорции, скорректированные с учетом прогнозируемых потребностей субъектов НИС на предстоящий период.

Учитывая вышеизложенное, представим формализованное описание модели. Для этого введем следующие обозначения:

x_i ($i = 1, \dots, n$) – общий объем инновационного продукта i -го сектора НИС за данный период времени, т. е. совокупный инновационный продукт отрасли;

x_{ij} – объем инновационного продукта i -ой отрасли, расходуемый отраслью j НИС в процессе ее функционирования;

y_i – объем инновационного продукта i -ой отрасли, предназначенного для конечного потребления (собственно потребления, накопления и экспорта).

В заданных обозначениях балансовая модель функционирования НИС может быть представлена следующим соотношением:

$$x_i = x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} + y_i \quad (1)$$

Указанное соотношение должно выполняться при любом $i = 1, \dots, n$; оно обозначает, что совокупный инновационный продукт x_i расходуется на потребление другими секторами НИС, равное $x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}$, и конечное потребление, равное y_i .

Исходя из заданного соотношения произведенных и потребленных внутри секторов НИС инновационных товаров/услуг a_{ij} , имеем:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + y_1 &= x_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + y_2 &= x_2; \end{aligned}$$

или в матричной форме

$$AX + Y = X \quad (2)$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n + y_n = x_n$$

Вектор X будем именовать вектором совокупного выпуска инновационного продукта сектора НИС, Y – вектор конечного потребления инновационного продукта НИС, A – матрица

коэффициентов, отражающих соотношение произведенных и потребленных внутри секторов НИС инновационных продуктов.

В свою очередь, совокупный инновационный продукт каждой отрасли может быть представлен как:

$$AX + Z = X \quad (3)$$

где Z – вектор добавленной стоимости инновационного продукта сектора НИС (часть стоимости инновационного продукта, которая создается внутри данного сектора НИС).

Матричная (табличная) форма представления рассмотренного баланса может быть представлена соответствующими квадрантами (рис. 1).

		Промежуточное потребление инновационного продукта секторами НИС					Конечное потребление инновационного продукта	Совокупный инновационный продукт
		1	2	3	4	5		
Промежуточное потребление инновационного продукта секторами НИС	1	$a_{11}x_1$	...	...	...	$a_{15}x_5$	y_1	x_1
	2	...	...	...	...	...	...	...
	3	...	...	...	...	...	...	...
	4	...	...	...	...	...	...	...
	5	...	...	...	...	$a_{55}x_5$	y_5	x_5
Добавленная стоимость		z_1	...	...	...	z_5		
Совокупный инновационный продукт		x_1	...	...	...	x_5		

Рис. 1. Матричная (табличная) форма представления межотраслевого баланса функционирования инновационной системы России

Обозначения: 1 - университеты и прочие научно-исследовательские организации; 2 - венчурная индустрия; 3 - малые инновационные предприятия; 4 - инновационно ориентированные крупные и средние предприятия (организации); 5 - субъекты инновационной инфраструктуры.

Полагаем, представленные уравнения межотраслевого баланса функционирования НИС могут быть использованы для целей планирования.

В этом случае задача может быть сформулирована, например, следующим образом: для предстоящего планового периода (например, до момента завершения действующей Стратегии инновационного развития Российской Федерации – 2020 г.) задается Y – вектор конечного потребления инновационного продукта. Требуется определить вектор X – совокупного выпуска инновационного продукта. Иначе говоря, требуется решить задачу: какой объем инновационного продукта должен быть произведен секторами НИС для обеспечения заданного уровня инновационных товаров/услуг конечного потребления? С помощью разработанной модели также могут быть определены объемы конечного потребления инновационных продуктов секторов НИС по заданным величинам совокупного выпуска инновационных продуктов данных секторов.

Выводы. Таким образом, представленная в работе балансовая модель может служить дей-

ственным инструментом обеспечения необходимых пропорций в структуре инновационной системы России. Учет сложных взаимосвязей между ключевыми элементами НИС в процессе создания и распределения инновационного продукта позволит разработать научно обоснованные прогнозы и предупредить принятие ошибочных решений в сфере государственного регулирования инновационных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аркатов А.Я., Чижова Е.Н., Урсу И.В. Инновационное развитие: проблема единства понимания // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 85-88.
2. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Моисев В.В. Актуальные проблемы инвестиций и инноваций в России: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 295 с.
3. Леонтьев В. Баланс народного хозяйства СССР. Методологический разбор работы ЦСУ // Плановое хозяйство. М.: Госплан СССР, 1925. № 12. С. 254–258.

4. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд. М.: Политиздат, 1960. Т. 23.
5. Сомина И.В. Методы и модели оптимизации параметров инновационных процессов в российской экономике: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 141 с.
6. Сперанская Л.Н. «Экономическая таблица» Ф. Кенэ // Всемирная история экономической мысли: в 6 томах. Т. I. От зарождения экономической мысли до первых теоретических систем политической жизни. М.: Мысль, 1987. 606 с.
7. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Соцэкгиз, 1962. 684 с.
8. Официальный сайт издания «Правда.Ру». URL: <http://www.pravda.ru/> (дата обращения 24.11.2015).
9. Официальный сайт ОАО «Российская венчурная компания». URL: <http://www.rusventure.ru/> (дата обращения 24.11.2015).
10. Официальный сайт ФГБНУ «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы». URL: <http://www.extech.ru/> (дата обращения 24.11.2015).
11. Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. Наука, инновации и информационное общество. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/# (дата обращения 24.11.2015).

Somina I.V.**CONCEPT OF THE ANALYSIS OF KEY SECTORS'S STRUCTURAL INTERRELATIONS OF RUSSIAN INNOVATIVE SYSTEM BY THE PRINCIPLE OF INTERINDUSTRY BALANCE**

In work the concept of «input – output» (methodology of interindustry balance) offered by V. Leontyev in relation to national innovative system of Russia develops. The concept «innovative product of sector of NIS» is entered, the general structure of the table of interindustry balance of innovative system of Russia is defined, some major ratios between its elements are presented.

Key words: *national innovative system, balance model, innovative product.*

Сомина Ирина Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедр стратегического управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: irasomina@yandex.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 2, 2016 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка Н.И. Алфимова
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 1.12.15. Подписано в печать 15.01.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 26,05. Уч.-изд. л. 28,5

Тираж 1000 экз. Заказ 382. 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

