МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА

№ 6, 2013 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.; канд. техн. наук, проф. Горшкова Н.Г.;
д-р техн. наук, проф. Гридчин А.М.; канд. соц. наук, проф. Гузаиров В.Ш.;
канд. техн. наук, проф. Дегтев И.А.; д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;
д-р техн. наук, проф. Евстратов А.А.; проф. Людвиг Хорст-Михаэль;
член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.;
д-р техн. наук, проф. Нестеров М.Н.; 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. Погонин А.А.; канд. техн. наук, проф. Поляков В.М.;
д-р техн. наук, проф. Рубанов В.Г.; Ph. D., доц. Соболев К.Г.;
н. с. Фишер Ханс-Бертрам; д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.;
д-р экон. наук, проф. Чижова Е.Н.

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, 2013

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ядыкина В. В., Гридчин А. М., Траутваин А. И., Юрьев П. С.
ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ИЗ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СВОЙСТВА ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА 7

Носов С. В.
МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ 12

Высоцкая М. А., Кузнецов Д. А., Русина С. Ю., Чевтаева Е. В., Беликов Д. А.
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАНОМОДИФИКАЦИИ КОМПОЗИТОВ НА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ В ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ 17

Ядыкина В. В., Акимов А. Е.
ПРИМЕНЕНИЕ ТОКОВ СВЧ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОГОДОУСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА 21

Барабаш Д. Е., Чернухин С. П., Волков В. В.
ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ 24

Коротков А. В., Высоцкая М. А.
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНОЙ ФАЗЫ КАТИОННЫХ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ 28

Котлярский Э. В., Кочнев В. И., Давлятова Д. Ю.
БЛОК УЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ 33

Мардиросова И. В., Леконцев Е. В. , Каклюгин А. В.
АСФАЛЬТОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ ВИБРОЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ПРОЦЕССАМ СТАРЕНИЯ 39

Кузнецов Д. А., Агамян Б. С., Баранов Т. Р.
УСТОЙЧИВОСТЬ К ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН ПРИ СТАРЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ПОРИСТЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ПОРОШКАМИ 43

Чернов С. А., Еременко Е. А., Хижняк Ю. В.
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ НА МОДУЛЬ УПРУГОСТИ МНОГОЩЕБЕНИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ 46

Сачкова А. В., Духовный Г. С.
ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЕЕСТОЙКОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО РЕЗИНОБИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО 49

Попов А. Н., Волков В. В., Хатунцев А. А.
УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИИ АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ ПО КРИТЕРИЮ ПРОЧНОСТИ ДРУКЕРА-ПРАГЕРА 52

Лукаш Е. А., Кузнецов Д. А., Бабанин М. В.
ЭФФЕКТИВНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ 57

Высоцкая М. А., Фёдоров М. Ю.
РАЗРАБОТКА НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ 61

Меркулов С. И., Татаренков А. И.
ОЦЕНКА РЕЗЕРВА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 66

Перькова М. В., Колесникова Л. И.
СВЯТО-ТРОИЦКИЙ МУЖСКОЙ МОНАСТЫРЬ: ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОМПОЗИЦИИ 70

Петропавловская В. Б., Новиченкова Т. Б., Бурьянов А. Ф.
ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПЕРПРЕССОВАННЫХ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ 75

Донченко О. М., Пащенко Ж. Н.
ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КЛАДКИ ИЗ ПУСТОТЕЛЫХ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ КАМНЕЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ 79

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Евстратов В. А., Хальфин М. Н., Евстратова Н. Н., Рудь А. В., Апачанов А. С.
АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ШНЕКОВОГО ПРЕССА С ФОРМУЕМОЙ МАССОЙ 87

Федоренко М. А., Бондаренко Ю. А., Санина Т. М., Смирных А. П., Якубенко А. Н.
ФРЕЗЕРОВАНИЕ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИСТАВНОГО ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 91

Тарасюк А. П., Самчук В. В.
О НАПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПКМ) 93

Богданов В. С., Фадин Ю. М., Латышев С. С.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУБНОЙ МЕЛЬНИЦЫ, ОСНАЩЕННОЙ ВНУТРИМЕЛЬНИЧНЫМ КЛАССИФИЦИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ 98

Глаголев С. Н., Севостьянов В. С., Гридчин А. М., Уральский В. И., Севостьянов М. В., Ядыкина В.В.
РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МОДУЛИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ 102

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Усманов Д. И., Ягуткин С. М., Жантаева Г. М., Ягуткина Е. С.
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ 107

Вдовин Е. А., Бирюлева Д. К.
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТА 111

Дорошенко Ю. А., Полуянова Н. В.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 117

Димитрюк А. А.
К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ 121

Романович М. А.
ТЕХНОПАРК КАК ИНСТРУМЕНТ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА БАЗЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ 124

Климашевский К. А.
АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННО-ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ К КРИЗИСАМ 128

Жантаева Г. М., Усманов Д. И., Ягуткина Е. С., Ягуткин С. М
МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ОШИБОК ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА 132

Рудычев А. А., Никитина Е. А., Гавриловская С. П.
ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ И РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ 137

Попельнюхов С. Н.
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАРУБЕЖНЫХ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ 141

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Соколенко И. В., Ястребинский Р. Н., Крайний А. А., Матюхин П. В., Тарасов Д. Г.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ВЫСОКОНАПОЛНЕННОМ ПОЛИМЕРНОМ КОМПОЗИТЕ 145

Евтушенко Е. И., Перетокина Н. А., Дороганов В. А., Сулейманова Л. А., Сыса О. К., Бедина В. И., Миженина О.В.
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА 149

Ломаченко Д. В., Яшуркаева Л. И., Кудеярова Н. П.
ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЫРЬЕВЫХ ШЛАМОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЕБЕДИНСКОГО ГОКа КМА 152

Черкашина Н. И., Карнаухов А. А., Бурков А. В., Сухорослова В. В.
СИНТЕЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ГИДРОФОБНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ 156

Шаповалов Н. А., Ломаченко В. А., Яшуркаева Л. И., Ломаченко С. М., Гребенюк А. А.
РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ДОБАВКАМИ 160

Ястребинский Р. Н.,Матюхин П. В., Евтушенко Е. И., Ястребинская А. В., Воронов Д. В.
РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫЕ МАТРИЦЫ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС 163

Нарцев В. М., Агеева М. С., Прохоренков Д. С., Зайцев С. В., Карацупа С. В., Ващилин В. С.
ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ALN И SIC НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ 168

Сыса О. К., Морева И. Ю., Перетокина Н. А., Иванов А. С., Бедина В. И., Трепалина Ю. Н., Гоголевская О. В.
ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ И БАКТЕРИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ 173

Жерновой Ф.Е., Красильникова Е.А.
ЗАКАЛЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИ МАТИРОВАННЫЕ СТЕКЛА 177

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сосинская С. С., Нгуен Данг Минь
ПРИМЕНЕНИЕ МЕХ-ФАЙЛОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ СЕТЕЙ В СРЕДЕ MATLAB 181

Плаксицкий А. Б., Калач А. В., Исаев А. А.
ИНФОРМАЦИОННО-ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ 186

Важинский С. Э., Чуб И. А., Попов В. М.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА 190

Поляков В. М., Рязанов Ю. Д.
АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ НЕРЕКУРСИВНЫХ ПРОГРАММ-РАСПОЗНАВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОЙ СЛОЖНОСТИ ПО ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМ СИНТАКСИЧЕСКИМ ДИАГРАММАМ 194

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Нестеров А. М., Вендин С. В.
ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ 35 КВ В ГАБАРИТАХ ВЛ 10 КВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 200

Кузнецов В. А., Рощубкин П. В., Сингатулин Р. С.
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 204

Михайлова М. Ю., Афанасьев А. А., Нестеров А. М.
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ТАРИФНАЯ ПОЛИТИКА В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ 208

Венцель Е. С., Орел А. В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДОВ 212

Вендин С. В., Трубаев П. А.
К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ СВЧ ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛОСКОСЛОИСТЫХ ОБЪЕКТОВ 215

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Ефремова Н. В., Гененко О. Н.
ГОСТИНИЧНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ УСЛОВИЯХ 219

Ильина Л. В., Шатковская Н. А., Швецова М. Ж.
ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ И ВИТАМИНА С В ПИЩЕВОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ 223

Калинина Г. Н.
АКСИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАДОКСЫ ЗНАНИЯ НА ГРАНИЦАХ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ 227

Буковцева Н. А.
ПУБЛИЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ: МЕСТО И РОЛЬ В КОНСОЛИДАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ 231

Осыка Я. М., Мишенин М. Ю.
САКРАЛЬНОЕ В СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЕ: ДИЛЕММА ПОНИМАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ИДЕИ ПОСТСЕКУЛЯРИЗМА 234

НАШИ АВТОРЫ 239

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ядыкина В. В., д-р техн. наук, проф.,
Гридчин А. М., д-р техн. наук, проф.,
Траутваин А. И., канд. техн. наук, ст. преп.,
Юрьев П. С., инженер
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ИЗ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СВОЙСТВА ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА*

trautvain@bk.ru

В данной статье приведены результаты исследований физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона с различными стабилизирующими добавками. Для выявления преимуществ и недостатков данного материала для сравнения показателей приняли щебеночно-мастичный асфальтобетон с добавкой VIATOP-66. Испытания образцов, заформованных в лабораторных условиях, проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 31015-2002.

Ключевые слова: *щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), стабилизирующие добавки, битум, физико-механические характеристики, стекание*

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) – это материал, разработанный специально для устройства верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта [1]. В процессе его производства широко используется стабилизирующая добавка, поскольку именно с ее помощью ЩМА приобретает свои уникальные свойства.

Применение стабилизирующей добавки обусловливается повышенным содержанием битума в ЩМА смеси (6,5% – 7,5%). Для предотвращения вытекания вяжущего в смесь вводят битумоноситель (т.е. стабилизирующую добавку), который впитывает в себя неструктурированное вяжущее. Характер адсорбционного процесса между поверхностью волокон и битумом обусловливается действием молекулярных сил и величиной поверхностной энергии. В результате адсорбции на поверхности волокна образуется адсорбционный слой повышенной вязкости, обеспечивающий сцепление битума с поверхностью. Поэтому необходимо уделять особое внимание правильности выбора стабилизирующей добавки.

Первоначально в качестве стабилизатора использовались так называемые свободные целлюлозные волокна, нарезанные и «распушенные» специальным образом. Однако после перехода от единичного производства ЩМА к массовому все чаще и чаще стали проявляться определенные дефекты смеси, в частности, сегрегация и появление битумных пятен различной величины (иногда обширной площади) на вновь уложенной дорожной поверхности непосредственно в процессе уплотнения. После дополнительных исследований было обнаружено, что, несмотря на прекрасный стабилизирующий эффект, свободные волокна обладают серьезными недостатками:

- повышенная гигроскопичность;
- свободные волокна затрудняют распределение в смесителе;
- склонность к комкованию, что затрудняет дозирование и дальнейшее распределение в смесителе;
- высокая вероятность обгорания, когда свободные волокна попадают в смеситель на перегретый инертный материал (190-200 °С), то, в первую очередь, происходит обгорание интермолекулярных ОН-мостиков, которыми молекула целлюлозы связывается с молекулами вяжущего и каменного материала [2].

Дальнейшим эволюционным развитием семейства стабилизаторов стало появление гранулированных добавок. Гранулированные добавки представляют собой волокна, спрессованные в гранулы с их обработкой модифирующими составами или без нее [3]. Волокнистая добавка должна быть однородной, без примесей, устойчивой к нагреву до температуры 220°С и обладать влажностью не более 8% по массе [4]. Следует различать три вида гранулированных добавок: гранулы, состоящие из чистой целлюлозы, гранулы с добавлением парафинов (воск, стеарин) для уменьшения гигроскопичности и гранулы, в которых каждое целлюлозное волокно

имеет битумное покрытие. Последнее исключает насыщение влагой целлюлозных волокон, что обеспечивает простую и надежную систему дозирования, прекрасное распределение в смесителе без увеличения времени сухого перемешивания и, как результат, - стабильную смесь. Кроме этого, наличие битумного покрытия предотвращает обгорание волокон при их подаче на горячий инертный материал.

Нами были разработаны и исследованы стабилизирующие добавки различных составов с условными названиями: SA-80-1, SA-80-2, SA-70-1, SA-70-2, SA-70-3, SA-70-4, SA-70-5, SA-70-6 в сравнении с известной добавкой, имеющей коммерческое название «VIATOP-66». Исходным сырьем для для производства добавок явились отходы целюлозно-бумажной промышленности. Фотографии перечисленных добавок представлены на рис. 1.

Результаты определения показателя стекания вяжущего приведены в табл. 1.

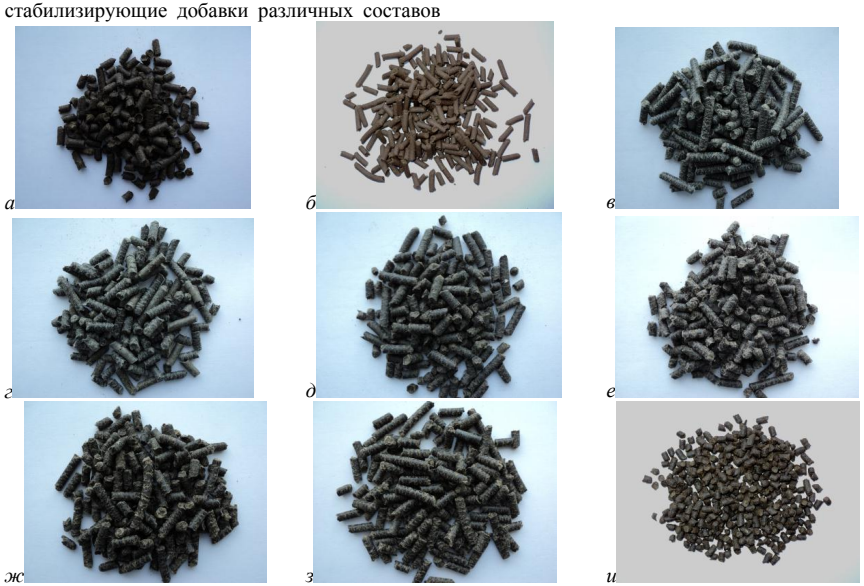


Рис. 1. Исследуемые стабилизирующие добавки
а - SA-80-1; *б* - SA-80-2; *в* - SA-70-1; *г* - SA-70-2; *д* - SA-70-3; *е* - SA-70-4; *ж* - SA-70-5; *з* - SA-70-6; *и* - Viatop-66.

Таблица 1

Показатель стекания вяжущего с волокон

Наименование показателя	ГОСТ 31015-2002	VIATOP	SA-80-1	SA-80-2	SA-70-1	SA-70-2	SA-70-3	SA-70-4	SA-70-5	SA-70-6
Содержание добавки в смеси, %	0,2-0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Содержание битума в смеси, %	6,5-7,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Показатель стекания вяжущего, % по массе	не более 0,20	0,13	0,14	0,15	0,10	0,11	0,09	0,07	0,12	0,13

Так как смеси ЩМА должны быть устойчивыми к расслаиванию в процессе транспортирования, а также при загрузке – выгрузке, то при разработке стабилизирующей добавки важнейшим показателем ее качества является стекание, которое определяется согласно ГОСТ 31015-2002.

Согласно данным табл. 1, по показателю стекания вяжущего все добавки соответствуют

требованию ГОСТ 31015-2002 и пригодны для дальнейшего исследования.

С целью изучения влияния стабилизирующих добавок на физико-механические характеристики щебеночно-мастичного асфальтобетона были произведены испытания образцов, приготовленных с использованием щебеня гранитного фракции 5-10 мм ЗАО «Кировоградгранит» Новопавловского ГК и песка из отсева дробления фракции 0–5 мм ОАО «Павловскгранит». В качестве минерального порошка применялся тонкомолотый известняк МП-1 ОАО «Гурово-Бетон». В работе использовался нефтяной битум марки БНД 60/90 ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания», удовлетворяющий требованиям ГОСТ 22245-90.

Для обеспечения постоянного зернового состава испытываемых асфальтовых бетонов материал предварительно рассеивался, затем для каждого замеса из этих отдельных фракций составлялась минеральная часть смеси.

Результаты испытаний физико-механических характеристик щебеночно-мастичного асфальтобетона приведены в табл. 2, из которых следует, что исследуемые смеси по всем показателям удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015-2002.

Таблица 2

Показатели физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 31015-2002	SA-80-1	SA-80-2	SA-70-1	SA-70-2	SA-70-3	SA-70-4	SA-70-5	SA-70-6	VIATOP-66
Водонасыщение, % по объему образцов, отформованных из смесей	От 1,0 до 4,0	1,8	1,2	1,6	1,1	1,3	1,4	1,8	1,3	1,4
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее: при температуре 20 °С	2,2	3,8	3,7	3,7	3,3	3,4	3,4	3,9	3,6	3,9
при температуре 50 °С	0,65	1,4	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,3
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	От 2,5 до 6	3,8	3,2	4,4	4,3	4,3	4,2	4,5	4,1	4,0

При сравнении показателей свойств ЩМА с добавками VIATOP-66, SA-80-1, SA-80-2, SA-70-1, SA-70-2, SA-70-3, SA-70-4, SA-70-5, SA-70-6 видно, что смесь с исследуемыми добавками SA-70-1 и SA-70-5 имеют лучшие физико-механические характеристики, что связано с их составом. Так, например, предел прочности при сжатии образцов ЩМА с волокнистой добавкой SA-70-5 при температуре 20 ºС такая же, как и с добавкой VIATOP-66. При испытании образцов на трещиностойкость ЩМА с добавками SA-70-1, SA-70-2, SA-70-3, SA-70-4, SA-70-5, SA-70-6 имеет большую прочность на растяжение при расколе в сравнении с добавкой VIATOP-66. Значения пределов прочности при сжатии при температуре 50 ºС у всех ЩМА смесей, кроме SA-80-1 и VIATOP-66, оказалась приблизительно одинаковым.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что наиболее перспективным для дальнейших исследований являются стабилизирующие добавки с условными названиями SA-70-1 и SA-70-5 в качестве стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Основным недостатком любого типа асфальтобетона как дорожно-строительного материала является большая зависимость его прочности и деформативных свойств от температуры. При повышении температуры вязкость битума, содержащегося в асфальтобетоне, понижается, связи между минеральными частицами ослабевают, что влечет за собой уменьшение прочности.

Такие изменения прочности ухудшают условия работы дорожных покрытий. С изменением показателей прочности изменяется и деформационное поведение асфальтобетона. Условия работы дорожных покрытий предъявляют к этому материалу требования достаточной деформационной устойчивости при высоких летних температурах, т.е. теплоустойчивости, которая характеризуется изменением его прочности от температурных колебаний.

Коэффициент теплоустойчивости (R_{20}/R_{50}) ЩМА при использовании опытных образцов добавок имеет приблизительно такие же значения, как и при введении традиционных добавок, что свидетельствует о высоких эксплуатационных качествах композита как при низких

зимних, так и при высоких летних температурах (рис. 2).

Важнейшим свойством ЩМА, предопределяющим долговечность этого материала, является устойчивость его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов. Подобно большинству других пористых строительных материалов, ЩМА разрушается, главным образом, при длительном увлажнении.

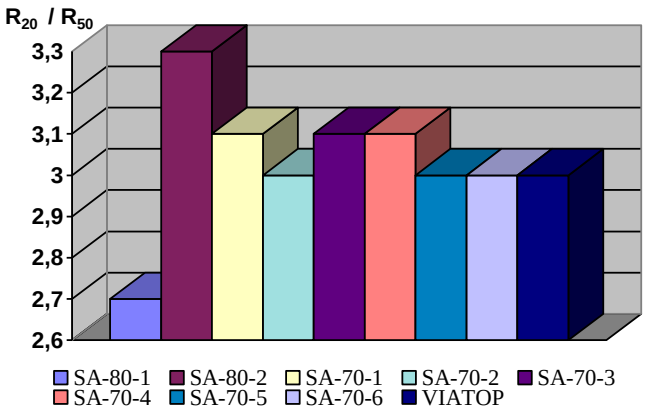


Рис. 2. Коэффициент теплоустойчивости

Асфальтобетонные покрытия при длительном увлажнении вследствие ослабления структурных связей могут разрушаться за счёт выкрашивания минеральных зёрен, что приводит к повышенному износу покрытий и образованию выбоин [5-6]. Водостойкость асфальтобетона зависит от плотности и устойчивости адгезионных связей. Вода, как полярная жидкость, хорошо смачивает все минеральные материалы, а это значит, что при длительном контакте с минеральными зёрнами, обработанными битумом, возможна диффузия воды под битумную плёнку. Кроме того, вода проникает в микродефекты структуры асфальтобетона, что приводит к адсорбционному понижению прочности материала за счёт снижения поверхностной энергии стенок трещин и ослаблению структурных связей у вершины трещины по мере её развития.

Показатели прочности и водостойкости асфальтобетона в значительной степени зависят от свойств применяемых минеральных материалов.

Различия поверхностных свойств волокнистых материалов также существенно влияют на характер сорбционных процессов при взаимодействии с битумом. Выбор волокнистого материала, обладающего высокой сорбционной способностью, – первый шаг на пути создания щебеночно-мастичного асфальтобетона с высокой водостойкостью.

Испытания проводились на щебеночно-мастичном асфальтобетоне с максимальной крупностью щебня 10 мм. Определяли водостойкость после кратковременного насыщения и через 15 суток водонасыщения. Полученные показатели приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что водостойкость ЩМА на исследуемых волокнистых добавках сопоставима с этим показателем составов на традиционном волокне.

Таблица 3

Длительная водостойкость асфальтобетона

Длительность водонасыщения, сут	Требование ГОСТ	SA-80-1	SA-80-2	SA-70-1	SA-70-2	SA-70-3	SA-70-4	SA-70-5	SA-70-6	VIATOP-66
0	-	0,95	0,97	0,97	0,94	0,95	0,97	0,98	0,98	0,97
15	0,85	0,91	0,93	0,93	0,91	0,89	0,92	0,94	0,93	0,92

Таким образом, повышение физико-механических свойств битумоминерального композита с использованием добавок из отходов целлюлозно-бумажной промышленности в ка-

честве стабилизатора позволит получать щебеночно-мастичный асфальтобетон с высокими физико-механическими характеристиками, тепло- и водостойкостью.

[*]Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ №7.4049.2011, а также проекта стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова №2011-ПР-146.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Броницкий Е.И., Гуменюк Ю.А., Комиков А.В. Использование щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси при капитальном ремонте участков автомобильной дороги Москва – Санкт – Петербург (км 29 – км 62, км 72 км - 85) / Науч.-техн. информ. сб.: «Новости в дор. деле». 2003. Вып. 1. С.22-32.

2. Эфа А.К., Жураускас А.В., Акулов А.П. Щебеночно-мастичный асфальтобетон теоретические основы, практика применения // Строительные материалы. 2003. №1. С.22.

3. Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Шкарпеткин Е.А. Конструктивно-технологическое совершенствование агрегатов для гранулирования порошкообразных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №2. С. 100-102.

4. Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. // Учебное пособие по курсу «Новые технологии в дорожном строительстве» для студентов специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы» и слушателей системы дополнительного профессионального образования. Н. Новгород, издание ННГАСУ, 2009. С.65.

5. Печеный Б.Г., Железко Е.П. Об изменении состава и свойств битумов в процессе старения при различных температурах // Нефтепереработка и нефтехимия. 1975. №8. С. 10-13.

6. Анализ органоминеральных композитов с учетом генезиса и размерных уровней минерального сырья // В.В. Строкова, И.В. Жерновский, А.О. Лютенко, М.С. Лебедев / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 28-32.

Носов С. В., канд. техн. наук, доц.
Липецкий государственный технический университет

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

nosovsergej@mail.ru

Разработана методология оценки реологических характеристик уплотняемых дорожных материалов: модулей линейной и сдвиговой деформаций и коэффициента поперечной деформации, которые являются инвариантными к методам их определения. Показано, что компоненты тензора деформаций уплотняемого материала должны определяться в соответствии с особенностями развития деформаций в каждом направлении и закономерностями изменения соответствующей составляющей нагрузки со стороны уплотнителей.

Ключевые слова: *модуль деформации, коэффициент поперечной деформации, ползучесть.*

При оценке деформационных характеристик грунтов земляного полотна и дорожных асфальтобетонных смесей необходимо знать как начальные характеристики их соответствующих свойств, так и характер их изменения под действием внешних силовых воздействий со стороны уплотнителей. В подобных изменениях большую роль играют особенности взаимодействия конкретных по типу и форме уплотнителей со средой уплотняемого слоя, а также характерное перераспределение напряжений в ходе его деформирования.

Будем рассматривать только такое состояние материала уплотняемого слоя, при котором его деформации будут носить затухающий характер, уплотняя тем самым дорожно-строительный материал, не нарушая его сплошности. Такое весьма значительное допущение широко применяется при исследовании напряженно-деформированного состояния деформируемых сред, в частности в грунтоведении.

Состояние уплотняемого материала оценивают с помощью характеристик, которые не являются физическими константами, так как их значения меняются в зависимости от условий, в которых находится уплотняемый материал. Как правило, все характеристики подразделяют на два класса: к первому относятся те, которые непосредственно используются в расчетных формулах (физико-механические характеристики, параметры или показатели), ко второму – те, которые характеризуют уплотняемый материал по его составу и строению (физические характеристики, показатели или свойства).

Основными характеристиками деформационных свойств грунтов земляного полотна и дорожных асфальтобетонных смесей являются модуль линейной деформации E, модуль сдвиговой деформации G и коэффициент поперечной деформации μ, которые, в отличие от модуля упругости, модуля сдвига и коэффициента Пуассона, применяемых в теории деформирования упругих материалов, учитывают не только упругие, но и вязкопластические части деформации, развивающиеся во времени нагружения. Именно поэтому при взаимодействии уплотнителей со слоем грунта или асфальтобетонной смеси параметры E, G и μ могут быть представлены как их реологические характеристики.

Для оценки показателей взаимодействия уплотнителей с грунтами или асфальтобетонными смесями используют, как правило, закономерности сжатия и сдвига. Для реализации моделей более высокого уровня представляется несомненным совместное использование этих закономерностей, имея в виду, что может быть реализован любой характер такого взаимодействия.

В основе предложенного подхода лежат известные положения механики сплошных сред, механики грунтов, теории наследственной ползучести, разработанные принципы построения расчетных моделей уплотняемой среды [1] и результаты экспериментальных исследований.

Численные значения характеристик грунтов и асфальтобетонных смесей должны быть инвариантны к методам их определения. На основе сложившегося почти векового опыта закономерности сжатия и сдвига определяют соответствующими перемещениями деформаторов (штампов). Именно моделируя процесс нагружения уплотняемого слоя посредством плоского штампа, имеется реальная возможность перехода к описанию процесса деформирования при взаимодействии его с различными ходовыми системами и другими уплотнителями транспортно-технологических машин.

В случаях когда грунт земляного полотна или асфальтобетонная смесь работают в условиях сложного напряженного состояния, согласно теории наследственной ползучести закон деформирования можно представить в виде уравнения сдвигов и уравнения объемного деформирования [2]:

$$e_{ij}(t)=\frac{S_{ij}(t)}{2G}+\frac{1}{2G}\cdot\int_0^t K_c(t-\tau)S_{ij}(\tau)d\tau\,; \quad (1)$$

$$\theta(t)=\frac{\tilde{\sigma}(t)}{B}+\frac{1}{B}\cdot\int_0^t K_V(t-\tau)\tilde{\sigma}(\tau)d\tau\,, \quad (2)$$

где e_{ij} *(t)* - компоненты девиатора тензора деформаций; S_{ij} *(t)* - компоненты девиатора тензора напряжений; $\theta(t)$ - контракция (объемная деформация при уплотнении); $\tilde{\sigma}(t)$ - шаровой тензор напряжений; $K_C(t)$ - функция скорости сдвиговой ползучести; $K_V(t)$ - функция скорости объемной ползучести; G и B - модуль сдвига и объемный модуль упругости.

Для случая одноосного деформирования можно получить выражения для продольной и поперечной деформаций через функции сдвиговой и объемной ползучести:

$$\varepsilon_{11}=\frac{1}{9}\int_0^t\left[6\Pi_C(t-\tau)+\Pi_V(t-\tau)\right]d\sigma_{11}\,;$$

$$\varepsilon_{22}=\frac{1}{9}\int_0^t\left[-3\Pi_C(t-\tau)+\Pi_V(t-\tau)\right]d\sigma_{11}\,.$$

Зная выражения для функций продольной и поперечной ползучести

$$\Pi_{11}(t)=-\frac{\varepsilon_{11}(t)}{\sigma_{11}}\,;\ \Pi_{21}(t)=\frac{\varepsilon_{22}(t)}{\sigma_{11}} \quad (3)$$

и определив их связь с функциями сдвиговой и объемной ползучести

$$6\Pi_C(t)+\Pi_V(t)=-9\Pi_{11}(t)\,;$$

$$-3\Pi_C(t)+\Pi_V(t)=9\Pi_{21}(t)\,,$$

можно определить коэффициент поперечной деформации, выраженный через реологические характеристики

$$\mu(t)=\frac{-3\Pi_C(t)+\Pi_V(t)}{-6\Pi_C(t)-\Pi_V(t)} \quad (4)$$

а через него – связь между функциями объемной и сдвиговой ползучести

$$\Pi_V(t)=\frac{3(1-2\mu)}{1+\mu}\cdot\Pi_C(t)\,. \quad (5)$$

Для сжатого цилиндрического образца имеем

$$\varepsilon_{11}(t)=-\frac{1}{E}\cdot\left[\sigma_{11}(t)+\int_0^t K_{11}(t-\tau)\sigma_{11}(\tau)d\tau\right], \quad (6)$$

$$\varepsilon_{22}(t)=+\frac{\mu_0}{E}\cdot\left[\sigma_{11}(t)+\int_0^t K_{21}(t-\tau)\sigma_{11}(\tau)d\tau\right], \quad (7)$$

где $\mu_0=\mu(t)$ при t=0; $K_{11}(t-\tau)$ и $K_{21}(t-\tau)$ – функции скоростей продольной и поперечной деформации материала, определяемые экспериментальным путем при тестовых испытаниях под нагрузкой, изменяющейся в соответствии с законом Хевисайда (когда материал мгновенно нагружается максимальной нагрузкой, выдерживается под этой нагрузкой в течение некоторого времени, а затем мгновенно разгружается до нуля).

По найденным функциям скоростей продольной $K_{11}(t-\tau)$ и поперечной $K_{21}(t-\tau)$ ползучести определены функции скоростей сдвиговой $K_c(t)$ и объемной $K_V(t)$ ползучести:

$$K_c(t-\tau)=\frac{K_{11}(t-\tau)+\mu_0\cdot K_{21}(t-\tau)}{1+\mu_0}\,, \quad (8)$$

$$K_V(t-\tau)=\frac{2\mu_0K_{21}-K_{11}}{1-2\mu_0}=-\frac{K_{11}-2\mu_0K_{21}}{1-2\mu_0}\,, \quad (9)$$

т.е. объемная деформация уменьшается вследствие уплотнения.

Таким образом, по измеренным величинам продольной и поперечной деформаций можно построить функции продольной и поперечной ползучести, зная которые нетрудно получить функции сдвиговой и объемной ползучести. При этом получаем значения параметров материала уплотняемого слоя, инвариантные методам их определения для получения универсальной модели, пригодной для моделирования процесса взаимодействия земляного полотна и дорожных одежд с уплотнителями.

Используя различные законы нагружения уплотняемого слоя, наиболее близко описывающие процесс его взаимодействия с уплотнителями (рис. 1), определив в соответствии с ними законы развития деформации [3], используя вычислительную технику, можно определить параметры ядер ползучести уплотняемых грунтов и асфальтобетонных смесей.

Для наиболее общего случая, когда материал уплотняемого слоя работает в условиях сложного напряженного состояния, компоненты $\varepsilon_{ij}(t)$ девиатора тензора деформаций $e_{ij}(t)$ определяются каждая в отдельности в соответствии с особенностями развития деформаций в каждом направлении и закономерностями изменения соответствующей составляющей нагрузки со стороны уплотнителей машин. Это основное отличие представленного подхода от известных ранее, которое определяет его универсальность.

Главные деформации ε_1, ε_2 и ε_3 , определяющие объемную деформацию и приращение плотности после однократного воздействия уплотнителя находятся из известного уравнения

$$\varepsilon^3-J_1\varepsilon^2+J_2\varepsilon-J_3=0\,, \quad (10)$$

коэффициентами которого являются инварианты деформированного состояния

$$J_1=\varepsilon_{11}+\varepsilon_{22}+\varepsilon_{33}\ ;$$

$$J_2=\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}+\varepsilon_{11}\varepsilon_{33}+\varepsilon_{22}\varepsilon_{33}-\varepsilon_{12}^2-\varepsilon_{13}^2-\varepsilon_{23}^2\ ; \quad (11)$$

$$J_3=\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}\varepsilon_{33}+2\varepsilon_{12}\varepsilon_{13}\varepsilon_{23}-\varepsilon_{11}\varepsilon_{23}^2-\varepsilon_{22}\varepsilon_{13}^2-\varepsilon_{33}\varepsilon_{12}^2\,.$$

Модуль деформации характеризует способность уплотняемого слоя сопротивляться прикладываемым нагрузкам. Так, модуль линейной вертикальной деформации определяется известным выражением

$$E(t)=\frac{\sigma\cdot D_{шт}}{\lambda(t)}=\frac{\sigma}{\varepsilon(t)}\,, \quad (12)$$

где σ - среднее контактное напряжение под штампом, равное отношению прикладываемой согласно закону Хевисайда нагрузки к площади штампа; $D_{шт}$ – диаметр круглого или длина стороны квадратного штампа; λ(t) – полная деформация (осадка) штампа; ε(t) = λ(t) / $D_{шт}$ – относительная деформация уплотняемого слоя; t – время действия нагрузки.

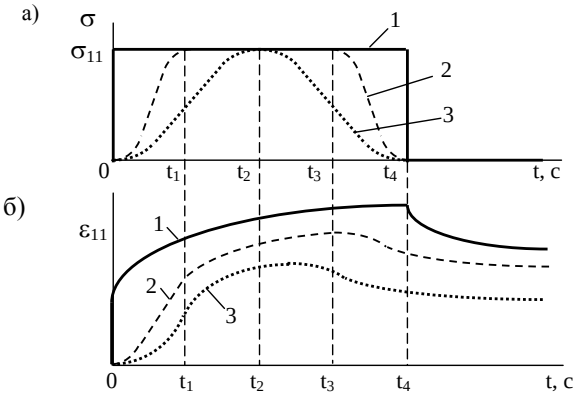


Рис. 1. Законы нагружения и развития деформаций уплотняемого слоя:
1 – прямоугольный;2 – сплюснутая парабола;3 - парабола

Аналогично для модуля сдвиговой деформации можно записать

$$G(t)=\frac{\tau}{\gamma(t)}\,, \quad (13)$$

где τ - среднее касательное напряжение под штампом, равное отношению прикладываемой согласно закону Хевисайда сдвиговой нагрузки к площади штампа; $\gamma(t)$ – полная угловая деформация (относительный сдвиг) уплотняемого слоя толщиной $h_{сл}$. Так, если обозначить через α угол скашивания параллелепипеда высотой $h_{сл}$ под действием в течение времени t постоянного касательного напряжения, определяемого через площадь штампа и сдвиговое усилие, прикладываемое к штампу, а через $\lambda_\Gamma(t)$ – горизонтальное смещение верхней грани параллелепипеда вдоль линии действия касательного напряжения, то угловая деформация может быть выражена как

$$\gamma(t)=tg\alpha=\lambda_\Gamma(t)/h_{сл}\,. \quad (14)$$

Следует заметить, что в системе выражений (1) и (2), принимаемой для описания напряженно-деформированного состояния деформируемых сред, обладающих реологическими свойствами, модули деформации E и G по всем трем направлениям осей координат будут иметь различные численные значения даже в конкретный момент времени t, что объясняется нелинейными свойствами материалов уплотняемого слоя, характером и последовательностью приложения действующих нагрузок, различными состояниями пространственных ограничений массива уплотняемого слоя, участвующего во взаимодействии с уплотнителями, и т.п. Поэтому необходимо проводить оценку этих реологических характеристик в каждом конкретном случае в зависимости от принимаемой схемы взаимодействия.

В теории упругости взаимосвязь между модулями E и G, а также коэффициентом Пуассона μ описывается известным выражением

$$G=\frac{E}{2(1+\mu)}\,. \quad (15)$$

Однако, для оценки взаимосвязи реологических характеристик уплотняемого слоя оно теряет конкретный физический смысл. Здесь необходимы более точные соотношения, определяемые, в первую очередь, временным фактором (или фактором времени).

В зависимости от времени действия нагрузки будем различать мгновенные (E, G и μ), текущие (E_t, G_t и μ_t) и длительные (E_∞, G_∞ и μ_∞) модули деформации и коэффициент поперечной деформации.

На примере развития вертикальной деформации уплотняемого слоя под действием вертикальной нагрузки рассмотрим особенности изменения модуля вертикальной деформации, а также методику его определения. Остальные

модули деформации уплотняемого слоя определяются аналогично.

При σ = const для нелинейных систем имеем:

$$E_t = \frac{\sigma}{\varepsilon(t)} = \frac{\sigma}{\chi_0 \cdot \chi_к[x_i] \cdot f(t)} \quad . \qquad (16)$$

Мгновенный модуль деформации

$$E = \frac{1 + \int_0^t K(t-\tau)d\tau}{\chi_к[x_i] \cdot \varepsilon(t)/\sigma} \quad , \qquad (17)$$

где $\varepsilon(t)/\sigma = \bar{\varepsilon}_э(t)$ - величина экспериментальной кривой податливости в момент времени t; применяется при наложении экспериментальных кривых податливости на семейство теоретических кривых по методике [2]; χ_0 – коэффициент подобия между базовой и теоретической кривыми ползучести; $\chi_к[x_i]$ – функция подобия между базовой и любой другой кривыми ползучести; $f(t) = 1 + \int_0^t K(t-\tau)d\tau$.

Величина длительного модуля деформации E_∞ может быть определена по выражению (16) при $t \to \infty$.

Таким образом, величины мгновенных модулей деформаций E и G, используемых совместно с функциями скоростей ползучести для определения деформаций в любой момент времени, можно определить, имея значения коэффициентов подобия, трансформирующихся в функцию подобия $\chi_к[x_i]$, коэффициента подобия χ_0 и данные по развитию деформации базовой кривой ползучести, полученные экспериментальным путем в лабораторных или полевых условиях при исследовании реологических характеристик уплотняемого материала.

Так как процесс уплотнения практически любого дорожно-строительного материала как упруго-вязко-пластичного материала протекает и при его нагружении, и после снятия нагрузки, то принято говорить о развитии его полной, обратимой и необратимой частей деформации. При этом полная деформация за время нагружения t постоянной нагрузкой определяется как сумма

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_н + \varepsilon_{нt} + \varepsilon_{об} + \varepsilon_{обt} \quad , \qquad (18)$$

т.е. включает необратимую $\varepsilon_н$ и обратимую $\varepsilon_{об}$ части деформации, а также необратимую $\varepsilon_{нt}$ и обратимую $\varepsilon_{обt}$ составляющие деформации, развивающиеся в процессе ползучести. Причем полная деформация за время t характеризуется модулем деформации (16), обратимая деформация – модулем обратимой деформации, необратимая деформация – модулем необратимой деформации. Последние два модуля деформации могут быть определены аналогично выражению (16), а их мгновенные значения – аналогично выражению (17), при этом необходимо обработать соответствующим образом кривые обратимой и необратимой деформаций.

Для любого другого закона нагружения (например, рис. 1,б) также выделяются составляющие деформаций аналогично выражению (16), однако их величины будут определяться по другим выражениям [3]. При этом модуль деформации, согласно классическому определению (12) или выражению (16), а также мгновенный модуль деформации согласно уравнению (17) должны быть определены при режиме нагружения согласно закону Хевисайда.

Проанализировав выражение (16), можно сделать вывод, что сами по себе модули полной, обратимой и необратимой деформаций могут иметь различные значения не только в различные моменты времени развития деформаций, но также и в конкретный момент времени при различных значениях факторов x_i , характеризующих внешние силовые воздействия, даже при постоянных параметрах состояния слоя уплотняемого материала.

Кроме модулей линейной деформации E, E_t и E_∞ и модулей сдвиговой деформации G, G_t и G_∞ еще одной реологической характеристикой является коэффициент поперечной деформации

$$\mu = \varepsilon_Г / \varepsilon_В \quad , \qquad (19)$$

где $\varepsilon_B, \varepsilon_Г$ - продольная (вертикальная для уплотняемого слоя) и поперечная (горизонтальная для уплотняемого слоя) относительные деформации относительно действующей нагрузки (вертикальной со стороны штампа).

Как правило, коэффициент поперечной деформации μ выбирают из рекомендуемых значений на основе статистических данных, полученных в лабораторно-полевых условиях, методика определения которых удовлетворяет далеко не всем условиям функционирования различных систем. Коэффициент поперечной деформации μ считают постоянной величиной. Однако это допущение может привести к большим погрешностям, особенно при оценке взаимодействия уплотнителей соответствующих машин и земляного полотна или дорожных одежд с ярко выраженными реологическими свойствами, которые достаточно быстро изменяются во времени.

С учетом выражений (6) и (7), помимо выражения (4), можно записать

$$\mu = \mu(t) = \frac{\varepsilon_Г(t)}{\varepsilon_B(t)} . \qquad (20)$$

Для анализа и проверки этой зависимости была проведена серия экспериментов по нагружению слоя суглинистого грунта толщиной 20 см, влажностью W в пределах 14,7…16,6 %, плотностью ρ в пределах 1,04…1,09 г/см^3. Динамическая нагрузка воздействовала через упругий элемент на штамп посредством падающего груза с максимальным значением нормального напряжения $\sigma_В$ в пределах 8…22 кПа и временем действия нагрузки $Т_Д$ в пределах 0,11…0,21с согласно [4].

Установлено, что при значениях времени действия нагрузки порядка 0,1 с коэффициент поперечной деформации μ принимает значение 0,05. При дальнейшем увеличении времени нагружения грунта (в пределах нескольких секунд) коэффициент поперечной деформации принимает некоторое конечное значение, соответствующее данным многих авторов, например μ=0,15…0,30 [5]. Это рассогласование необходимо учитывать, т.к. время воздействия на поверхность уплотняемого слоя уплотнителями различно и, следовательно, значения коэффициентов поперечной деформации μ будут различными.

Своеобразность изменения величины μ при развитии объёмной деформации грунта под штампом можно объяснить особенностями временного эффекта, выражающегося в неравномерном формировании агрегатного состояния структуры материала в процессе уплотнения.

Произвести корректную оценку коэффициента поперечной деформации в пределах долей секунды можно только путем применения соответствующих методик, основанных на непосредственном привлечении фактора времени. В настоящее время одним из перспективных методологических подходов в этом направлении является подход, основанный на привлечении теории наследственного деформирования упруго-вязко-пластичных материалов.

Реализация разработанного способа [4] была апробирована при оценке реологических характеристик слоя грунта средней и низкой плотности. Параллельно проводилась оценка реологических характеристик слоя грунта с аналогичными параметрами состояния (влажностью, плотностью, толщиной слоя) путем его нагружения через плоский штамп согласно закону Хевисайда и далее по методике, предложенной Колтуновым М.А. [2].

Таким образом, инвариантность численных значений реологических характеристик уплотняемого дорожно-строительного материала к методам их определения подтверждается возможностью применения общих закономерностей нелинейной наследственной теории вязкоупругости.

Особенностью представленной методологии является комплексная оценка реологических характеристик уплотняемого слоя, позволяющая выйти на определение модулей объемной и сдвиговой ползучести, а через них – на оценку общего напряженно-деформированного состояния при учете времени и характера действия нагрузок со стороны уплотнителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носов С.В. Принципы развития теории уплотнения и концептуальная модель формирования технологий уплотнения дорожно-строительных материалов /С.В.Носов, Г.М.Бутузов.- Вестник ВолгГАСУ.- Сер. Стр-во и архит. 2012.- вып. 27(46).- Волгоград. С. 16-21.

2. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация /М.А.Колтунов.- М.: Высшая школа, 1976.- 278с.

3. Носов С.В. Технологические режимы работы уплотняющих машин и закономерности уплотнения дорожно-строительных материалов на основе развития их реологии /С.В.Носов // Научный вестник Воронеж. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. 2011.- № 3 (23). С. 87-98.

4. Пат. 2192006 Рос. Федерация. Способ определения физико-механических характеристик слоя почвогрунта, преимущественно имеющего низкую и среднюю плотность, и устройство для его осуществления /С.В.Носов, М.В.Рощупкин, А.Л.Кононов, А.Г.Каплун; № 99126270; заявл. 14.12.99; опубл. 27.10.02. Бюл. № 30 (II ч.).- 13 с.

5. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н.А. Цытович.- М.: Высш. шк.,1983.- 288 с.

Высоцкая М. А., канд. техн. наук, доц.,
Кузнецов Д. А., канд. техн. наук, доц.,
Русина С. Ю., аспирант,
Чевтаева Е. В., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАНОМОДИФИКАЦИИ КОМПОЗИТОВ НА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ В ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ*

roruri@rambler.ru

В данной статье, рассмотрены тенденции развития наномодификации композитов, применяемых в дорожно-строительной отрасли.

Рассмотрен отечественный и зарубежный опыт по модификации вяжущих и производству наноструктурированных композитов.

***Ключевые слова**: битум, полимер, фуллерен, углеродные нанотрубки.*

Применение нанотехнологических подходов и наносистем при производстве строительных материалов – это новый подход к выбору сырья, технологий, формированию структуры строительных композитов. А новые материалы – это новые рынки, увеличение объема продукции и расширение ее ассортимента. Это повышение конкурентоспособности отечественной продукции, и решение важных проблем современности – энергосбережения и снижения техногенного прессинга индустрии строительных материалов на окружающую среду [1].

Следует отметить, что основная масса строительных материалов наносистемна по своей сущности. Так, формирование прочностных свойств, отражающих эксплуатационные характеристики композиционных материалов, например бетона, происходит именно на наноразмерном уровне при гидратационном (композиционные материалы) либо высокотемпературном (керамические материалы) минералообразовании и переходе в кристаллическое состояние матрицы композита.

Если рассматривать направление материаловедения, в котором в качестве связующего компонента выступают органические вяжущие, то тут в последнее время также наметился существенный научный прорыв, связанный с выявлением группой ученых США и Мексики [2] в природных нефтях фуллеренов. Установлено, что фуллерены сконцентрированы преимущественно во фракции асфальтенов, осаждаемой из нефти пентаном или гептаном. В этой многокомпонентной фракции молекулы фуллеренов образуют соединения с гетероатомами S, V и Si. Внедрение гетероатомов нарушает идеальность структуры, в связи с чем молекулы соединений являются метастабильными образованиями. В составе асфальтенов обнаружены также многослойные фуллереноподобные «луковицы» (onions) – структуры из нескольких углеродных сфер, вложенных друг в друга. Подобные структуры наблюдаются и в продуктах химического синтеза [3].

Возможность присутствия графенов и графеноподобных объектов в природных нефтях и битумах обсуждалась длительное время. Прямое наблюдение структур, похожих на графены, описано в публикации, посвященной исследованию фуллеренов среди асфальтенов нефти [4]. На изображениях, полученных в просвечивающем электронном микроскопе, присутствовали искривленные «листки», отделившиеся от разрушенных многослойных «луковиц» фуллеренов. В другом исследовании нефтяных асфальтенов приведены изображения графеноподобных «листков» входящих в молекулярные агрегаты диаметром, примерно, 50 нм. Косвенные подтверждения наличия графеновых «пачек» в 3-5 нм в агрегатах асфальтенов были получены методами малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и синхротронного излучения [2].

На этом основании авторы [3] делают вывод, что нефтяные асфальтены (при условии их хорошего отделения от фракции смол) могут стать экономически привлекательным сырьем для получения больших количеств природных фуллеренов. При этом, однако, они не приводят никаких оценок исходной концентрации фуллеренов в природных нефтях. По сведениям других исследователей [5] в природных твердых битумах концентрация фуллеренов С60 составляет 0,2-0,3 ppm, остальные фуллерены практически отсутствуют.

Таким образом, в вопросах «нефтегазовых нанотехнологий» [6], особый интерес представляет способность фуллеренов образовывать разнообразные молекулярные агрегаты (наноколлоиды) во многих органических растворителях, включая, вероятно, и природные нефти, а возможно и битумы.

По современным представлениям, в зависимости от структурного типа битума, в его состав может входить от 10 до 25 % асфальтенов. Таким образом, дорожный битум является носителем колоссального количества наноразмерных объектов. Очевидно, сложность заключается лишь в том, что современный уровень техники и технологий в данном сегменте экономики не позволяет эффективно и стабильно использовать явное преимущество данное природой дорожникам - битумщикам себе на пользу.

Поэтому, современные строительные композиционные материалы на основе органического вяжущего – это поликомпонентные системы, включающие в себя различные специализированные вяжущие, химические модифицирующие добавки, специальные заполнители, микроволокна, а в последнее время еще и наноразмерные объекты – одно- и многостенные углеродные нанотрубки (УНТ), технический углерод (ТУ).

В большинстве случаев первоочередной задачей при наномодификации является разрушение агрегатов нанотрубок. В настоящее время основным методом, является ультразвуковая обработка, как правило, суспензии УНТ, в каком-либо растворителе. При этом композиционный материал, независимо от используемого вяжущего, после наномодификации приобретает характерные свойства: повышенные прочность и жесткость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению и др.

На основе теоретических предпосылок, коллективом авторов [7] было предположено, что введение УНТ в битум окажет положительное влияние на его физико-механические характеристики. По мнению исследователей это становится возможным за счет наличия в битуме ароматических соединений с системой π-сопряженных связей, что приведет к улучшению диспергирования УНТ и аморфных частиц графита, а также образованию их устойчивых суспензий в органических растворителях. Эти суспензии будут состоять из отдельных аморфных углеродных частиц и углеродных нанотрубок или небольших пучков нанотрубок, что приведет к созданию сетки из нанотрубок и углеродных наночастиц при образовании асфальтовяжущего и асфальтобетона с улучшенными физико-механическими свойствами.

Подтверждением выдвинутых теоретических предположений [7] стал ряд практических исследований [8-18], направленных на модификацию органических вяжущих.

Так, например, исследования [8-11], порошков технического углерода (ТУ) подтвердили возможность его использования в качестве наномодификатора. Зерна ТУ состоящие из агрегатов наночастиц, и являющиеся активными наполнителями и антиоксидантами могут добавляться в композиционные материалы различного назначения [8]. При этом, частицы ТУ имеют сложную структуру, состоящую из псевдографитовых кристаллитов углерода и аморфного (неорганизованного) углерода, соединяются в цепочки или образуют сложные разветвленные парафитовые структуры. Высокая химическая активность ТУ связана со структурой и свойствами поверхностного слоя. В работах [9-10] проанализирована возможность использования некондиционного ТУ в качестве модифицирующей добавки к дорожным битумам, структурообразующей добавки к нефтяным гудронам и жидким остаточным битумам, и как наполнителя для органоминеральных композиций.

Также, представляет интерес исследование [12], в котором изучалось влияние неорганических наночастиц на свойства битумного вяжущего. Три типа частиц в нанометровом уровне, порошок карбоната кальция, графита и сажи были внесены в битум. Исследования проводились в определенном диапазоне температур, частот и скоростей сдвига. Было обнаружено, что добавление наночастиц увеличивает эластичность вяжущего при низкой температуре, и сопротивление деформации. Результаты эксперимента [12] показали, что добавление наночастиц в битумное вяжущее способствует изменению его физических свойств. Аналогичная динамика изменения свойств полимерно-битумного вяжущего при введении УНТ была получена коллективом исследователей [13,14].

В работе [15] исследовано влияние наноглины на свойства полимерно модифицированного битума (PMB). Результаты исследования показывают, что реологические свойства наноглины - модифицированный битум зависит от процента наноглины. Морфологические исследования показали, что диспергированные полимерные частицы существовали в непрерывной фазе битума и добавление наноглины, не изменило размер частиц полимера.

Таким образом, в соответствии с работами [13-15], введение функционально активных наночастиц даже в очень малых количествах способно существенно влиять на характеристики полимерных связующих. Это связано в первую очередь с формированием особой структуры полимеров на нано - и микроуровнях под влиянием наномодифицирующих микрочастиц. Используя различные типы структурных модификаторов, можно целенаправленно управлять структурообразованием полимерных связующих и композитов, а также продлять их жизненный

цикл [16] с увеличением прочностных показателей .

Особую наносистему представляют наномодификаторы серии ArmCap [11], которые предназначены для моторных масел, битумов и асфальтобетонов, резин, неводных лакокрасочных материалов. ArmCap представляет собой жидкость, в которой равномерно, примерно в одинаковом массовом соотношении, распределены углеродные нанотрубки и наноалмазы. Частицы находятся в практически дезагрегированном состоянии. Допускается незначительная агрегация частиц, но в среднем не более чем 15–20 частиц в агрегате.

Разработке наномодификаторов для асфальтобетона на основе углеродных наночастиц также посвящено изобретение [17]. Разработанный модификатор для асфальтобетона на органической основе содержит органическую основу - битум или мазут, равномерно диспергированные в ней углеродные нанотрубки, технический углерод и органоглину при следующем соотношении компонентов, мас.%: углеродные нанотрубки 0,2-10, технический углерод 10-20, органоглина 1-20, битум или мазут остальное. Техническим результатом изобретения является то, что при применении заявленного модификатора достигается более высокая износостойкость асфальтобетонов за счет улучшения свойств не только битумной основы, но и повышения адгезии между компонентами асфальтобетона.

Различная комбинация неорганических наночастиц и органических молекул позволяет изготавливать новые материалы с уникальными свойствами. Однако, эффективность введения наночастиц существенно зависит не только от их вида, дозировки, но и от технологических параметров модификации. В основу этого легли исследования, выполненные коллективом [18], направленные на разработку выбора теоретической модели модификации битумов и асфальтобетонов.

Таким образом, несмотря на определенные сложности конструирования и получения новых наномодифицированных материалов с заранее заданными и, часто уникальными, свойствами это направление строительного материаловедения чрезвычайно перспективно, и пока еще мало изучено и освоено. Движение научной мысли в данном направлении открывает широкие перспективы получения материалов будущего.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Girifalko L.A., Hodak M., Lee R.S. // Physical Rewiev. – 2000. –№ 62 (19) – P. 13104–13110.

2. Fullerenic structures derived from oil asphaltenes. / G.A. Camacho-Bragado, P. Santiago, M. Marin-Almazo, M. Romero, E.T. Murgich // Carbon. 2002. №15. P. 2761-2766.

3. The formation and self-compression of carbon onions/ F. Banhart, T. Füller, P. Redlich, P.M. Ajayan // Chemical Physics Letters. 1997. №269. P. 349-355.

4. Geim A.K., Novoselov K.S. /The rise of graphene // Nature Materials. 2007. № 6. С.183-191.

5. Juyal P., Merino-Garcia D, Andersen S.I. Effect on molecular interactions of chemical alteration of petroleum asphaltenes. I // Energy and Fuels. 2005. №4. P. 1272-1281.

6. Евдокимов И.Н., Лосев А.П. Комплект учебных пособий по программе магистерской подготовки «Нефтегазовые нанотехнологии для разработки и эксплуатации месторождений». // Природные нанообъекты в нефтегазовых средах: Учебное пособие. Часть 5. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2008. – 104 с.

7. Перспективы применения наноуглеродных трубок для повышения качества битума и асфальтобетона / В.В. Ядыкина, А.Е. Акимов, Н.Г. Спицына, А.С. Лобач // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) : Междунар. науч.-практ. конф., 11-12 окт. 2011 г., Белгород: сб. докл. / Белгород. гос. технол. ун-т. Белгород, 2011. Ч. 4. С. 306-309.

8. Долматов В.Ю. Композиционные материалы на основе эластомерных и полимерных матриц, наполненных наноалмазами детонационного синтеза // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 7-8. С. 19-37.

9. Низина Т. А., Кисляков П.А., Кузнецов Н.М. Экспериментальные исследования упругопрочностных характеристик эпоксидных композитов, модифицированных наночастицами // Электронное научное периодическое издание www.marhdi.mrsu.ru, 2009, выпуск 1(5), идентификационный номер 0420900075/0018.

10. Пат.2196731 РФ, МПК[7], C01B31/02 . Полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа. // Пономарев А.Н., Никитин В.А.; ЗАО «АСТРИН» - №2000124887/12; заявл. 21.09.2000; опубл. 20.01.2003

11. Наномодификаторы серии ArmCap // Российская национальная нанотехнологичная сеть RusNanoNet / www.rusnanonet.ru.

12. Нанополимерные мембраны // Сайт о нанотехнологиях в России. URL:http://www.nanonewsnet.ru/ news/2007/nanomembrany.

13. Vysotskaya M. Polymer-bitumen Binder with the Addition of Single-walled Carbon Nanotubes // Advanced Materials Research Vol. 699 (2013) pp 530-534

14. Битумно-полимерные композиционные материалы с включениями структурных наноразмерных объектов / М.А. Высоцкая, Д.А. Кузнецов, М.Ю. Федоров, Е.В. Чевтаева, С.Ю. Русина // Сборник статей и докладов ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. - М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). 2013. С.39-46.

15. Shao Peng Wu, Liu Gang, Jin Gang Wang. Передовые технологии материаловедения // Материалы научного форума. 114, 197. DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.614.197.

16. Luz S Quintero, Luis E Sanabria. Analysis of Colombian Bitumen Modified With a Nanocomposite // Journal of Testing and Evaluation (JTE). Volume 40, Issue 7 (December 2012)

17. Пат.2412126РФ, МПК[7], C04B24/36. Наноструктурирующий модификатор для асфальтобетона // Кондратьев Д.Н., Гольдин В.В., Меркелене Н. Ф.; ООО "Электронинвест" -№ 2009142640/03; заявл. 19.11.2009; опубл. 19.11.2009.

18. Обоснование выбора наномодифицированных асфальтобетонных смесей / Королев Е.В., Тарасов Р.В., Макарова Л.В., Самохин А.П. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 2012. № 4. С. 40-43.

Ядыкина В. В., д-р техн. наук, проф.,
Акимов А. Е., канд. техн. наук.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРИМЕНЕНИЕ ТОКОВ СВЧ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОГОДОУСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

akimov548@gmail.com

В настоящее время большое внимание уделяется повышению срока службы дорожных покрытий различными способами. В статье рассмотрен актуальный вопрос повышения погодоустойчивости асфальтобетона без применения поверхностно-активных или полимерных добавок. Применен метод воздействия электромагнитного поля СВЧ диапазона на битум. Показана эффективность предложенного способа.

Ключевые слова: *битум, асфальтобетон, электромагнитное поле СВЧ диапазона, адгезия, имитация климатических факторов*

Высокий объём грузовых и пассажирских перевозок предъявляет высокие требования к качеству автомобильных дорог. Необходимо обеспечить ровность, прочность и долговечность конструкций дорожных одежд в процессе эксплуатации. При несоблюдении этих требований возрастают транспортные издержки, снижается удобство перевозки пассажиров, повышается риск возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Вопрос долговечности нежестких дорожных одежд на сегодняшний день - один из наиболее актуальных в отрасли. Основными причинами разрушения дорожного покрытия в процессе эксплуатации являются усталостные разрушения под действием многократно повторяющейся нагрузки и потеря прочностных характеристик при воздействии погодно-климатических факторов.

На сегодняшний день указанная проблема решается введением различных добавок в битум, направленных на повышение устойчивости асфальтобетона как к погодно-климатическим факторам, так и к сопротивлению динамическим нагрузкам. Однако применение этих технологий выявляет их недостатки: дополнительные энергетические затраты на производство добавок поверхностно-активных веществ и полимерных модификаторов, затраты на их транспортировку потребителям, также под вопросом находится экологическая безопасность применения указанных методов.

Помимо этого, на сегодняшний день известны способы управления физико-механическими параметрами битума [1–5] при помощи воздействия на него различных излучений (электромагнитного, магнитного, акустического, СВЧ). Показана также возможность производства высококачественных асфальтобетонных композитов на таких битумах.

Проведенные ранее исследования показали значительные преимущества применения способа активации битума полем сверхвысокой частоты и положительное влияние данного воздействия на физико-механические свойства асфальтобетона [5–7]. В частности, отмечается повышение адгезии битума к каменным материалам и увеличение когезионной прочности вяжущего. Все эти факторы повышают сопротивляемость пленки битума отслаиванию под действием воды, а также под влиянием значительных перепадов температур, что положительно отражается на физико-механических характеристиках асфальтобетона.

Перспективной методикой, оценивающей долговечность асфальтобетона при его работе в естественных условиях, является моделирование погодно-климатических факторов, оказывающих на дорожное покрытие разрушающее влияние. Прогнозирование эксплуатационного режима работы асфальтобетонных покрытий можно рассматривать как способ повышения их качества, дающий возможность корректировать проектные решения, а также технологические процессы получения асфальтобетонной смеси и ее уплотнения в зависимости от факторов внешней среды. Для исследователей и проектировщиков становится все более очевидным, что невозможно строить долговечные дорожные асфальтобетонные покрытия без точного учета воздействия на них разнообразных климатических факторов, в том числе положительных и отрицательных температур, воздействия ультрафиолетового и инфракрасного излучения, водонасыщения и высушивания и т.д.

Природно-климатические факторы могут вызывать необратимые изменения в структуре вяжущего и асфальтобетона. Это, в свою очередь, приводит к изменению его физико-механических свойств. Поэтому критерием влияния климатических факторов на свойства асфальтобетона служили показатели изменения пределов прочности асфальтобетонных образцов при сжатии при температурах 20, 50 и 0 ºС.

При этом под погодно-климатическими факторами, влияющими на свойства асфальтобетона, понимали воздействие температуры, влажности, ультрафиолетового и инфракрасного излучения в условиях постоянной конвекции воздуха.

Имитация каждого года включала в себя 10 «летних» и 10 «зимних» циклов, воспроизведенных в климатической камере Feutron. «Летний» цикл состоял из водонасыщения образцов в течение 4 часов при температуре +20 ºС влажности 98% при включённых ультрафиолетовых лампах и последующего высушивания при температуре +20 ºС, влажности 0% и включённых инфракрасных и ультрафиолетовых лампах. «Зимний» цикл состоял из замораживания образцов при температуре -20 ºС при включённой ультрафиолетовой подсветке и последующего оттаивания во влажной среде при температуре 0 ºС и максимальной влажности.

Исследование проводилось на стандартных образцах типа Г. Погодоустойчивость определялась по изменению прочности при 0, 20 и 50 ºС и водостойкости, так как эти показатели свидетельствуют о снижении адгезии битума к минеральным компонентам и демонстрируют повышение вязкости битума вследствие процессов старения.

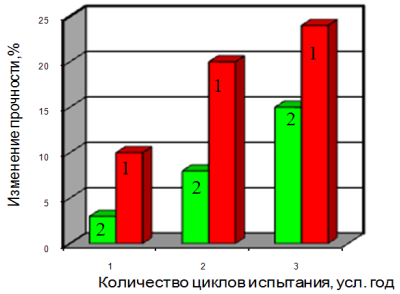


Рис. 1. Изменение показателя прочности при 20 ºС.: исходный битум (1) и битум, модифицированный СВЧ полем (2)

Результаты, приведённые на рис.1, показывают, что асфальтобетон на активированном в СВЧ-поле битуме лучше противостоит воздействию природно-климатических факторов. Изменение прочности при 20 ºС в первый год испытаний было незначительным. Через два условных года повышение прочности составило 20% для контрольных образцов и 8 % для образцов на СВЧ-обработанном битуме. На 3 год – соответственно 24 и 15 %. Таким образом, изменение прочности образцов асфальтобетона при использовании СВЧ-обработанных битумов под действием погодно-климатических факторов значительно меньше, чем при применении исходного вяжущего. Рост прочности при 0 и 50 ºС. имеет аналогичный характер.

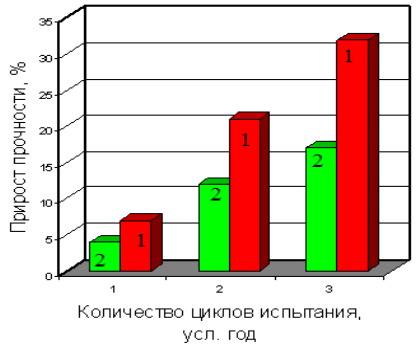


Рис. 2. Изменение прочности образцов асфальтобетона при температуре 50 ºС: исходный битум (1) и битум, модифицированный СВЧ полем (2)

Прирост прочности при 50 ºС для активированных СВЧ-полем битумов составил через 2 года испытаний 12 %, через 3 – 17 %, на неактивированном битуме этот параметр возрос на 18 и 34 % соответственно (рис. 2). Рост прочности образцов при 0 ºС составил через 2 года испытаний на СВЧ-обработанных битумах 7 %, для контрольных образцов 11 %, через 3 года - 9 и 15 % соответственно (рис. 3).

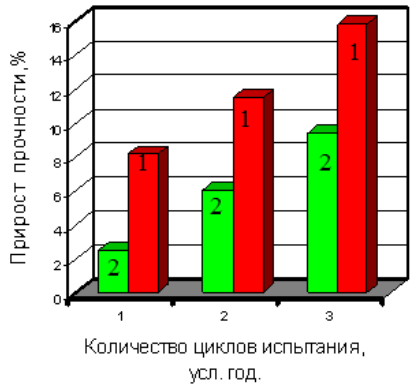


Рис. 3 Изменение прочности образцов асфальтобетона при температуре 0 ºС.: исходный битум (1) и битум, модифицированный СВЧ полем (2)

Особенное внимание следует уделить замедлению падения коэффициента водостойкости, что объективно отражает долговечность асфальтобетонного покрытия в жестких клима-

тических условиях работы, связанных со значительными знакопеременными колебаниями температур, воздействием солнечного света и попеременным водонасыщением и высушиванием. При использовании СВЧ-обработанных битумов снижение водостойкости составило на второй год испытаний 6 %, а на 3 год – 11 %, в то время как на контрольных образцах падение этого показателя составило 17 и 25 % соответственно.

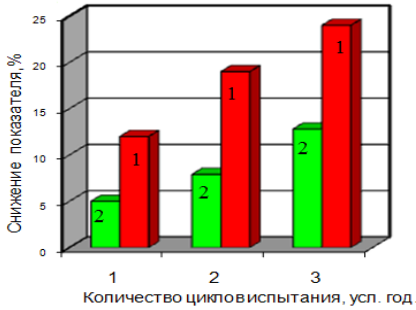


Рис. 4. Изменение водостойкости образов асфальтобетона: исходный битум (1) и битум, модифицированный СВЧ полем (2)

Результаты исследований показывают, что асфальтобетон, в состав которого входит битум, обработанный полем СВЧ, наиболее стоек к воздействию погодно - климатических факторов: попеременному водонасыщению и высушиванию, замораживанию и оттаиванию, а также воздействию ультрафиолетового и инфракрасного света и, следовательно, покрытие из такого асфальтобетона будет более долговечным по сравнению с асфальтобетоном на немодифицированном битуме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ микроструктуры алюмосиликатного сырья с позиции применения его в дорожном строительстве / Лютенко А.О., Строкова В.В., Лебедев М.С., Дмитриева Т.В., М.А. Николаенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 33–38.

2. Генцлер И. В. Карапетян А. С. Влияние ультразвука на органические вяжущие // Известия вузов. Строительство. 2001. №1. С. 36-39

3. Шадрин Б.К. Омагничивание битумов // Известия вузов. Строительство. 2003. №6. С. 12-16.

4. Вендриховски В.А. Влияние радиоволн на сцепление битума с каменными материалами // Строительные материалы. 1995. №8. С. 29-30.

5. Бурминский Н.И. Барачова Е.М. Перспективы использования СВЧ-технологии для приготовления дорожных битумов // Изв. вузов. Строительство. 1999. №2-3. С. 114-115.

6. Акимов А.Е., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Применение токов СВЧ для повышения характеристик дорожных битумов // Строительные материалы. 2010. №1.С. 12-16.

7. Ядыкина В.В., Акимов А.Е. Гридчин А.М. СВЧ-активация битумов как способ повышения физико-механических и эксплуатационных параметров асфальтобетона. // Строительные материалы. 2010. №5. С. 10 12.

8. Akimov A.E. High quality bituminous concrete based on bitumen that was activated by the box of microwave frequency [Электронный ресурс] / A.E. Akimov, V.V. Yadykina // 7th International Asphalt Congress. Cartagena.-Colombia: www.corasfaltos.com. 2010.

Барабаш Д. Е., д-р техн. наук, проф.,
Чернухин С. П., аспирант
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Волков В. В., канд. физ.-мат. наук, доц.
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-воздушная академия им. проф. Жуковского и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ

barabash60170@yandex.ru

Представлены основные положения современной методики оценки свойств герметизирующих материалов на полимерной и битумно-полимерной основе. Показана связь скорости деградационных процессов с условиями эксплуатации герметиков. Выявлена целевая функция оценки качества полимерных аэродромных герметиков.

Ключевые слова: *деградация, аэродромный герметик, частотно-резонансный метод.*

Деформационные швы аэродромных покрытий являются своеобразным барьером на пути проникновения атмосферной влаги в основание. Герметизирующие материалы, заполняющие указанные швы, должны обладать целым комплексом свойств, подчас противоречивых. Так, например, герметик должен обладать низкой липкостью при высокой температуре окружающей среды и одновременно обеспечивать достаточное удлинение при отрицательной температуре. Как полимерный материал герметик должен быть весьма устойчив к ультрафиолетовому облучению. При высокой степени эксплуатации аэродромного покрытия герметизирующий материал должен быть устойчив к циклическим нагрузкам. Этот перечень требований далеко не полный, но он позволяет осознать важность проблемы надежной герметизации аэродромных швов. Предлагаемые современные герметизирующие материалы, на первый взгляд, достаточно эффективны. В большинстве случаев указываемые производителем значения физико-механических характеристик соответствуют требованиям ГОСТ 30740-2000. Вместе с тем многообразие климатических условий на территории России и наличие большого числа регионов с длительным периодом устойчивых отрицательных температур предъявляют особые требования к комплексу физико - механических характеристик аэродромных герметиков.

Кроме того, с момента вступления России в ВТО на первый план при оценке качества материалов выдвигаются требования обеспечения безопасности, как производства полетов, так и окружающей среды. Эти требования возможно оценить только при помощи теории рисков, что и предполагают новые стандарты ВТО.

В этой связи весьма актуален вопрос ограничения перечня характеристик герметизирующих материалов и обоснования их значений.

Это обусловлено, в первую очередь, тем, что потребителя, в конечном счете, интересует продолжительность эксплуатации герметизирующего материала на конкретном аэродроме в конкретных климатических условиях.

Знание сроков надежной эксплуатации герметика позволит рационально и своевременно расходовать финансы на подержание аэродрома в состоянии, обеспечивающем безопасную эксплуатацию воздушных судов.

Поскольку основой большинства современных герметиков служат полимеры, то в силу термофлуктуационной природы своих связей они неизбежно стареют, что сопровождается изменением их физико-механических характеристик и снижением качества герметизации. Для описания указанных деградационных процессов наибольшее распространение получили уравнения Журкова – Бисси и их модификации. Прогнозирование изменения свойств герметизирующих материалов в условиях совместного воздействия деструктивных факторов является весьма сложной и важной задачей строительного материаловедения.

В этой связи представляется актуальной выборка наиболее показательной целевой характеристики герметизирующего материала, отражающей его основное предназначение.

Например, деформативность при отрицательных температурах характеризуется относительным удлинением образца. С точки зрения надежной герметизации шва показатель деформативности представляется наиболее важным. Приводимые в некоторых технических условиях данные о величине относительного удлинения в шве при +20°С, некорректны, поскольку при такой температуре швы покрытия, как правило, сжимаются, а не расширяются [1].

Существующий в настоящее время ГОСТ 30740-2000, регламентирующий определение ос-

новных физико-механических характеристик герметиков, не в полной мере учитывает особенности эксплуатации этих материалов в различных дорожно-климатических зонах. Как уже указывалось выше, на деградацию значений физико-механических характеристик герметизирующих материалов решающее влияние оказывают температура, ультрафиолетовое облучение и деформации.

Очевидно, что в различных климатических районах, при эксплуатации различных типов воздушных судов с различной интенсивностью, вариативность значений указанных характеристик будет весьма высока.

Проводить испытания герметиков при некоторых усредненных показателях влияющих факторов, по крайней мере, нерационально. Это обусловлено тем, что в результате испытаний можно получить заключение о пригодности того или иного герметика для эксплуатации, а в реальности он не будет соответствовать предъявляемым требованиям.

Так, например, для герметиков марки «БРИТ» помимо стандартных требований ГОСТ 30740-2000, использовали дополнительно другие нормативные документы. Производитель счел необходимым указать температуру размягчения по КиШ в соответствии с ГОСТ 11506 и водопоглощение по ГОСТ 25945.

Очевидно, что такой достаточно произвольный набор характеристик не позволяет конечному потребителю ответить на самый важный вопрос: какова же продолжительность надежной эксплуатации приобретаемого герметика в реальных условиях?

В реальных условиях эксплуатации на герметизирующий материал, помимо эксплуатационных нагрузок, дополнительно воздействуют УФО, агрессивные среды и т.д. Суммарное воздействие эксплуатационных и климатических факторов значительно усложняет оценку протекания деградационных процессов в герметизирующем материале.

Поскольку гарантийный срок эксплуатации герметиков составляет не менее 5 лет, то за указанный период количество циклов нагружения, например, для аэродромов II дорожно - климатической зоны, достигает 10^4. Предельное состояние F герметизирующего материала, с достаточной адекватностью можно выразить через деградационную модель (1), учитывающую случайный процесс появления усталостных микроразрушений.

$$F(h,T,N) = 1 - exp[-\frac{1}{h_Z \cdot h_\Gamma} \cdot \left(\frac{h_\Э - h_{\Э 0}}{h_{\Э max}}\right)^{\alpha} \cdot \left(k \cdot exp\left(-\frac{U}{RT}\right)\right)^{\alpha} \cdot \times \cdot \left(\frac{N_\Э - N_{\Э 0}}{N_{\Э max}}\right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{N_{TP} - N_{TP0}}{N_{TP max}}\right)^{\beta} \cdot \sum P(h_\Gamma, h_B)] \quad (1),$$

где $\alpha = {h_{\Э max}}/{(h_{\Э max} - h_{\Э 0})}$ - эмпирический коэффициент; $h_{\Э 0}$ – ширина раскрытия деформационного шва при герметизации; $h_\Э$ – величина экскурсии герметизирующего материала в деформационном шве покрытия; $h_{\Э max}$ – максимальная ширина раскрытия деформационного шва;, $\beta = {h_B}/{h_{B max}}$ - эмпирический коэффициент, учитывающий величину вертикального перемещения краев шва (h_B) относительно его максимально возможного перемещения ($h_{B max}$); $N_{\Э max}$ – максимальное число циклов нагружения, которое выдерживает исследуемый материал при испытаниях, с учетом воздействия температурного фактора; $N_\Э$ – число циклов нагружения обусловленное температурным воздействием на покрытие; $N_{\Э 0}$ – число циклов нагружения на момент определения состояния герметика при прогнозировании его долговечности, обусловленное температурным воздействием; N_{TP} – число циклов нагружения обусловленное механическим воздействием на покрытие; N_{TP0} - число циклов нагружения на момент определения состояния герметика при прогнозировании его долговечности, обусловленное механическими нагрузками; $N_{TP max}$ – максимальное число нагружений которое выдерживает герметик при испытаниях; $\sum P(h_\Gamma, h_B)$ - вероятность образования микроразрушений герметика.

Внутренняя энергия герметизирующего материала находящегося в деформационном шве:

$$U = \frac{\left(T_{min} \cdot h_{\Э max} + T_{max} \cdot h_{\Э min}\right) - \left(T_{min} + T_{max}\right) \cdot \left(h_{\Э min} + h_{\Э max}\right)}{\left(T_{min}^2 + T_{max}^2\right) - \left(T_{min} + T_{max}\right)^2}$$

Коэффициент, учитывающий свойства герметизирующего материала:

$$k = \frac{\left(h_{\Э min} + h_{\Э max}\right) \cdot \left(T_{min}^2 + T_{max}^2\right) - \left(T_{min} \cdot h_{\Э max} + T_{max} \cdot h_{\Э min}\right) \cdot \left(T_{min} + T_{max}\right)}{2\left(T_{min}^2 + T_{max}^2\right) - \left(T_{min} + T_{max}\right)^2}.$$

Приведенные выкладки соответствуют основным положениям термофлуктуационной теории Журкова-Бисси. Указанную модель можно использовать при установлении напряженно - деформированого состояния герметика в лабораторных условиях с адекватным переносом результатов лабораторных испытаний в натурные условия. Анализ напряженно - деформированного состояния герметика в условиях изменяющихся температур проводили при помощи разработанной экспериментальной установки, принцип действия которой основан на регистрации изменения плотности ферромагнитного порошка в образце испытуемого композитного материала при приложении к нему циклических нагружений [2]. За базовую качественную характеристику при выборе того или иного вида герметизирующего материала рекомендуется зависимость $E = f(T)$. Наглядность указанной характеристики позволит потребителю оценить поведение герметизирующих материалов в различных температурных диапазонах. Для сравнительного анализа эффективности использования герметиков различной основы использовали материалы, широко применяющиеся на аэродромах государственной авиации.

Исследовали образцы герметиков на основе полимерного и битумно-полимерного сырья: герметик на основе деструктурированного дивинилстирольного термоэластопласта (ДДСТ-30Р-01), аэродромный полимерный герметик холодного отверждения (АПГХО), битумно-полимерный (БПАГ-50).

Предельное состояние герметизирующих материалов моделировали при помощи разработанной установки несколькими способами:

– приложением нагрузок близких предельным (возникающих, в частности, при больших скоростях нагружения);

– приложением многоцикловых непредельных нагрузок с числом циклов обеспечивающих предельное состояние;

– проведением испытаний при повышенных температурах.

Образцы герметизирующих материалов, содержащие ферромагнитный порошок, подвергали многоцикловым деформациям с малой скоростью. Через определенное число циклов деформации нагружающую часть экспериментальной установки останавливали в момент, когда внутреннее напряжение в образце достигало величины равной двум процентам от максимального напряжения. После этого фиксировали величину изменения рабочей частоты при движении измерительной части экспериментальной установки вдоль недеформированного образца.

Проведенное предварительное планирование эксперимента показало целесообразность его разбиения на серии. В связи с этим первым этапом экспериментальных исследований поведения герметизирующих материалов в области предельных состояний являлось определение относительного удлинения образцов при однократном растяжении [3] и определение величин физико - механических характеристик: модуля упругости (E), коэффициента Пуассона (ν), зависимости напряжений от деформаций ($\sigma(\varepsilon)$).

Использование системы визуального контроля изменения геометрии при нагружении позволяло достичь большей точности снимаемых измерительной системой значений и контроля изменения геометрических параметров в реальном времени. Исследования проводили при температурах: минус 50, минус 35, 0, +20, +60 ^{0}С. Указанные величины температур приняты исходя из требований стандартов. Полученные экспериментальные данные позволили определить ряд физико-механических констант рассматриваемых материалов и их дополнительные термодинамические параметры (энергия активации, времена релаксации) [4].

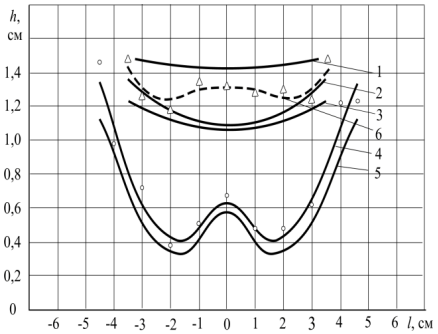
В процессе многоцикловых деформаций производили измерения не только изменения внешней геометрии образцов, но и перераспределение ферромагнитного порошка в их объеме.

Все исследуемые образцы после проведения необходимых испытаний подвергали дальнейшему нагружению вплоть до разрушения, что позволило вычислить когезионную прочность исследуемых материалов, их предельную цикловую долговечность, распределение частоты разрушения образцов от числа циклов нагружения. Часть указанных характеристик косвенно оценивали по изменению геометрии так называемой «шейки» (т.е. величине накопления остаточных деформаций) и перераспределению плотности ферромагнитного порошка по сечению образцов.

На рисунках 1 и 2 показаны изменения ширины шейки вдоль образца по длине и плотности ферромагнитных частиц в зависимости от количества циклов нагружений.

Сравнение изменения геометрии образцов с изменением относительной плотности материалов показало, что ширина образца изменялась функционально меньше величины изменения относительной плотности, что указывало на наличие внутреннего течения материала в образце при многократных нагружениях. Повышение температуры приводило к изменению распределения

плотности вещества внутри образца и, соответственно, к изменению его геометрии.



герметик на основе ДДСТ-30Р-01 после: 1 – 100 циклов, 6 – 1000 циклов; АПГХО после: 2 – 100 циклов, 3 – 1000 циклов; БПАГ-50 после: 4 – 100 циклов, 5 – 1000 циклов

Рис. 1. Зависимость ширины шейки образца (h) от количества циклов нагружения

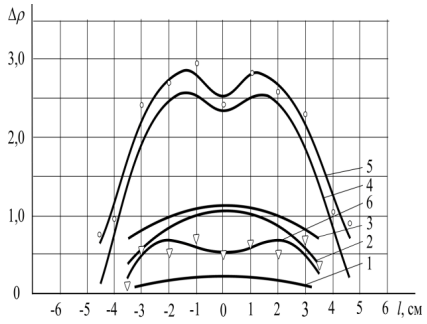


Рис. 2. Перераспределение плотности ферромагнитных частиц ($\Delta\rho$) по длине образца в зависимости от количества циклов нагружения

Наибольшие изменения претерпевала шеечная часть образца, которая и являлась центром накопления остаточных деформаций. Вместе с тем, указанные испытания позволили установить значительные различия в работе полимерных и битумно-полимерных герметиков.

Так, после 1000 циклов знакопеременных воздействий относительная плотность герметика на основе ДСТ-30Р-01 не упала ниже 0,17, тогда как у битумно-полимерных герметиков показатель относительной плотности после указанного количества циклов составлял менее 0,09.

Поскольку предельное состояние герметиков в деформационных швах определяет циклическую долговечность, а в практике эксплуатации покрытий больший интерес представляет эксплуатационная долговечность, то, зная число циклов взлета-посадки и климатическую зону расположения аэродрома, за заданный интервал времени, можно получить прогноз эксплуатационной долговечности.

Указанная методика была апробирована в диссертационных исследованиях и на практике.

Полученные результаты для указанных герметиков отражают не только особенности их строения и структуры, но и зависимость скорости деградационных процессов от условий эксплуатации. Вместе с тем, приведенная методика имеет и свои недостатки, связанные с введением в исходный герметик ферромагнитного порошка. Несмотря на незначительный объем вводимого порошка нельзя исключить его влияние на структурообразование.

В связи с этим, в настоящее время проводятся пилотные испытания установки, регистрирующей изменения структуры и относительной плотности герметиков по изменению их диэлектрической проницаемости после приложения заданного количества циклов нагрузки и температурных воздействий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барабаш Д.Е. Прогнозирование изменения свойств герметиков в условиях многоцикловых нагружений / Д.Е. Барабаш, О.А. Сидоркин, В.В. Волков// Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2006. - №6. -С. 32-36

2. Пат. 2293979 РФ С 04 В 26/04. Способ определения возникновения внутренних нарушений сплошности вязких герметизирующих материалов при многоцикловых нагружениях / Д.Е. Барабаш, Ю.М. Борисов, В.В. Волков, О.А. Сидоркин. Приоритет 28.09.2005. – 6 с.

3. Канунников О. В. О выборе качественного аэродромного герметика / О.В. Канунников, В. А. Башкатова// Аэропорты. Прогрессивные технологии. – 2001. -№ 1. С. 24-26

4. Энциклопедия полимеров/ Редколлегия: В.А. Каргин и др. Том 2. – М.: Сов. Энциклопедия, 1974. – 1032 стб.

Коротков А. В., ассистент,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Высоцкая М. А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНОЙ ФАЗЫ КАТИОННЫХ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

7295830@mail.ru

В работе обоснована необходимость детального изучения водной фазы битумной эмульсии на предмет концентрации эмульгатора в ее составе, а также совместимости с конкретным минеральным материалом, используемым в производстве.

Предложено внести усовершенствования в методику разработки рецептуры битумной эмульсии на стадии изучения и подбора водной фазы.

Ключевые слова: *водная фаза, эмульгатор, поверхностное натяжение, краевой угол смачивания, битумная эмульсия, скорость распада.*

Наиболее распространенным видом органических вяжущих материалов на сегодняшний день является нефтяной битум. В связи с ограниченность запасов нефтяного сырья и большими потребностями дорожного строительства в органических вяжущих материалах особую актуальность приобретает расширение ресурсов для их получения за счет использования разнообразных отходов промышленности, а также разработки технологий получения экономичных и экологичных органических вяжущих и дорожно-строительных материалов на их основе.

Одним из эффективных направлений в дорожном материаловедении, позволяющим комплексно подходить к решению актуальных проблем отрасли таких как: ресурсо- и энергосбережение, технологичность и экологичность производственного процесса, а также продление строительного сезона с повышением качества дорожных покрытий является разработка и внедрение эмульсионных технологий.

Известно достаточно большое количество отечественных и зарубежных эмульгаторов, рецептур производства [1–4], а так же технологических приемов [5–7], которые в разной степени, по мнению разработчиков, позволяют избежать характерных проблем, касающихся подбора состава, приготовления, стабильности и контроля распада эмульсий.

В большинстве своем эти наработки направлены на изучение процессов, происходящих на стадии приготовления и в структуре конечной продукции – битумной эмульсии. Этим исследованиям предшествовала сложная и трудоемкая работа по выпуску большого количества пробных опытных партий эмульгированного вяжущего на стадии подбора состава и его корректировки. Это способствует усложнению, удлинению, а также удорожанию производственного процесса получения эмульсии.

Эмульсия, в широком понимании этого термина, - коллоидная дисперсная система, физические свойства которой зависят от соответствующих свойств фаз, составляющих эту коллоидную систему. Свойства коллоидных дисперсий зависят также от природы границы раздела между дисперсионной фазой и дисперсной средой.

При разработке и изучении битумных эмульсий ключевыми являются поверхностные явления, протекающие при формировании ее структуры. Связано это с тем, что свойства эмульсии, как коллоидной системы характеризуются влиянием большой удельной межфазовой поверхности, обладающей избытком свободной поверхностной энергии. Это приводит к тому, что в самопроизвольных процессах в коллоидных системах либо уменьшается межфазовая поверхность (коагуляция, агломерация), либо происходит локальное изменение концентрации одного из компонентов системы (адсорбция). Все эти процессы, происходящие в битумной эмульсии зарождаются и в первую очередь затрагивают водную фазу коллоидной системы.

Таким образом, можно предположить, что изучая и варьируя свойствами водной фазы можно целенаправленно управлять качественными характеристиками конечного продукта, более того, это позволит прогнозировать и регулировать скорость распада эмульсии на стадии ее приготовления, а также изучать ее совместимость с применяемым каменным материалом.

В качестве объектов исследования в работе использовались эмульгаторы одного из ведущих производителей AkzoNobel: REDICOTEE-11 и REDICOTEEM-44.

В соответствии со спецификацией производителя на продукцию, REDICOTEEM-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 %.

Добавки для исследования подбирались таким образом, чтобы механизм их действия на эмульсию отличался друг от друга. Для постановки эксперимента был использован эмульгатор REDICOTEE-11, который позволяет получать катионные битумные эмульсии с медленной скоростью распада, при его содержании в водной фазе 0,6-1,5 %. Основу при производстве добавок REDICOTEсоставляют полиамины [8,ь9].

Для получения стабильной эмульсии из взаимно нерастворимых дисперсной фазы (ДФ) и дисперсной среды (ДС) необходимо уравнять полярности смешиваемых систем, для этого, чаще всего в воду, добавляют эмульгатор, который, адсорбируясь на границе раздела фаз, понижает поверхностное натяжение воды. Эмульгатор существенно уменьшает межфазное натяжение даже при небольших концентрациях.

Так как у каждого эмульгатора существует определенная концентрация, при которой он образует эффективный адсорбционный слой и стабилизирует битумную эмульсию, из выбранных эмульгаторов фирмы AkzoNobel были приготовлены серии водных фаз с различными ПАВ и их содержанием (табл. 1), после чего исследованы их свойства.

Таблица 1

Составы и свойства водной фазы

Вид эмульгатора							
REDICOTEEM-44				REDICOTEE-11			
№ состава	содержание, %		pH водной фазы	№ состава	содержание, %		pH водной фазы
	эмульгатор	кислота			эмульгатор	кислота	
1	0	0	0	13	0	0	0
2	0,059	0,07954	1,94	14	0,060	0,13657	2,00
3	0,106	0,07995	2,12	15	0,110	0,05770	2,34
4	0,168	0,15460	2,14	16	0,159	0,10076	2,36
5	0,197	0,15475	2,22	17	0,216	0,08530	2,17
6	0,250	0,19559	2,24	18	0,264	0,10666	2,06
7	0,316	0,18701	2,14	19	0,311	0,10484	2,06
8	0,399	0,33779	2,44	20	0,411	0,07395	2,12
9	0,518	0,25978	2,17	21	0,506	0,06448	2,30
10	0,583	0,30770	2,14	22	0,607	0,05794	2,28
11	0,791	0,40582	2,06	23	0,812	0,07297	2,24
12	1,000	0,48972	2,38	24	1,030	0,07810	2,28

В соответствии с современными технологиями приготовления катионных битумных эмульсий, водный раствор с эмульгатором вступает в реакцию с кислотой перед тем, как попасть в битум. В результате происходит перевод эмульгатора в форму соли. Повышение кислотности способствует повышению стабильности эмульсии, но избыток кислоты может привести к снижению адгезии. В общем случае, рекомендуется чтобы pH водной фазы находилось в интервале 1,5- 3,5.

В исследованиях выполненных ранее установлено, что максимальная устойчивость битумных эмульсий достигается при PH водной фазы 2-2,5, поэтому в работе за оптимальную кислотность была принята 2 – 2,4, это достигалось за счет варьирования количества кислоты.

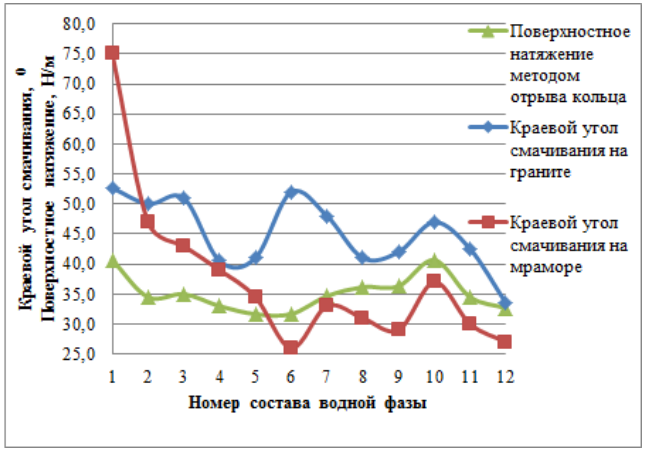
Поверхностное натяжение – основная термодинамическая характеристика поверхностного слоя жидкости на границе с газовой фазой. В свою очередь важнейшей термодинамической характеристикой поверхности твердого тела является поверхностная энергия, которая может быть определена измерением краевого угла смачивания твердого тела жидкостью– методом сидящей капли. Процесс смачивания твердого тела жидкостью с точки зрения коллоидной химии объясняется как результат действия сил поверхностного натяжения этой жидкости. О жидкости, лучше смачивающей рассматриваемую поверхность, говорят, что она обладает большим избирательным смачиванием по отношению к данной поверхности, причем эта способность может трансформироваться при изменении поверхности. Зависимость между величиной поверхностного натяжения водной фазы и ее способностью смачивать твердые поверхности очевидна.

Таким образом, одна и та же коллоидная система, при прочих равных условиях, при контакте с минеральной подложкой, выполненной из различных каменных материалов, будет проявлять различные смачивающие свойства. Это особенно важно, так как набор окончательной прочности дорожных композитов, выполненных с применением эмульсий, происходит, когда заканчивается распад вяжущего. Процессу распада предшествует смачивание, которое должно быть полным, именно в этом случае происходит превращение битумной эмульсии в непрерывную тонкую и прочную битумную пленку.

Обобщая выше сказанное, можно предположить, что нивелируя величину поверхностного натяжения на стадии приготовления водной фазы битумной эмульсии, можно будет заранее прогнозировать качество получаемой эмульсии, ее однородность и устойчивость. А установив механизм действия эмульгатора и его концентрации на смачиваемость и поверхностное натяжение капли водной фазы на минеральной подложке, используемой в конкретном технологическом процессе, можно будет судить о совместимости коллоидной системы и каменного материала еще до выпуска первой лабораторной партии эмульсии.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы, у водных растворов, приготовленных в соответствии с табл. 1, изучалась динамика изменения поверхностного натяжения, методом отрыва кольца, а также краевого угла смачивания, фотометрическим методом, в зависимости от вида эмульгатора, его концентрации и каменного материала (рис.1). В работе использовались каменные материалы: основной – мрамор и кислый – гранит.

а)



б)

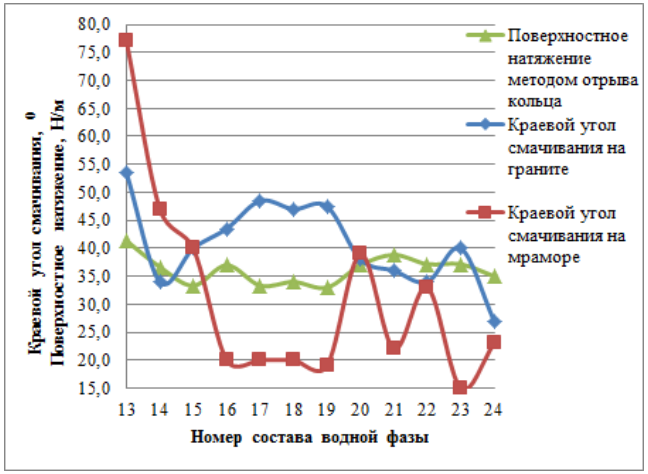


Рис. 1. Свойства водной фазы катионных битумных эмульсий:
а) эмульгаторREDICOTEEM-44; б) эмульгаторREDICOTEE-11

Как видно из рисунка, зависимости показателей поверхностного натяжения и краевого угла смачивания носят пилообразный характер с ярко выраженными перегибами. Исходя из полученных данных видно, что существуют концентрации эмульгатора, которые способны максимально понижать поверхностное натяжение. Так, например, при использовании в составе водной фазы добавки REDICOTEEM-44 с концентрациями 0,197 % и 0,250 % (составы № 5 и №6) величина поверхностного натяжения составляет 31,7 Н/м. При этом краевой угол смачивания на мраморе минимален - 26°, в то время как при контакте этого коллоидного раствора с гранитом наблюдается максимальная величина этого показателя – 52°.

В соответствии с рекомендациями производителя, как отмечалось выше, состав № 6 (табл. 1) по концентрации эмульгатора является предельным, для получения быстрораспадающейся битумной эмульсии. Анализируя полученные данные, можно заключить, что для приготовления быстрораспадающейся эмульсии, работающей в паре с мрамором необходима предельно допустимая концентрация ПАВ – 0,25%. Если в системе «эмульгированное вяжущее – каменный материал» используется гранит, то возможно уменьшение содержания эмульгатора до 0,197% (состав №5). Стоит отметить, что этой концентрации также соответствует минимум поверхностного натяжения.

Варьирование содержанием эмульгатора в зависимости от вида каменного материала крайне важно и актуально, так как это может отразиться не только на качестве готовой продукции, но и носит объективно экономический характер, т.к. эмульгатор имеет значительную стоимость.

При рассмотрении механизма действия эмульгатора REDICOTEEM-44прослеживаются установленные ранее зависимости: пилообразные изменения показателей угла краевого смачивания и поверхностного натяжения с увеличением концентрации эмульгатора в водной фазе. Очевидно, это явление объясняется тем, что молекулы ПАВ дифильны и адсорбируются на поверхности воды, ориентируясь углеводородными цепями наружу в воздух, благодаря чему на поверхности воды создается мономолекулярный слой. Этим объясняется понижение поверхностного натяжения раствора и повышение его смачивающей способности. При увеличении концентрации эмульгатора в водной фазе на первый адсорбировавшейся мономолекулярный слой поверхностно-активного вещества, адсорбируется второй слой того же вещества, причем неполярные радикалы молекул этого слоя обращены к неполярным радикалам первого слоя, т. е. по направлению к поверхности капли воды. В результате на поверхности водных глобул образуется бимолекулярный слой молекул, обращенных друг к другу неполярными радикалами. Таким образом, увеличивая концентрацию эмульгатора в водной фазе можно значительно увеличить число слоев поверхностно- активного вещества на границе раздела «жидкость – газ», что в свою очередь приводит к пилообразному изменению свойств водной фазы.

На основании выше изложенного можно заключить, что переизбыток эмульгатора в составе водной фазы способен нанести вред как свойствам битумной эмульсии, так и композитам ее содержащим

Для практического подтверждения рабочей гипотезы на основании предложенной методики подбора битумной эмульсии был разработан состав быстрораспадающейся эмульсии (табл. 2). В основу эмульгированного вяжущего был положен состав водной фазы №6, подобный выбор обусловлен основной природой каменного материала. В качестве щебня использовался щебень узкой фракции из габродиабаза фр. 11-15. Свойства полученной эмульсии ЭБДК – Б представлены в табл. 2.

Таблица 2

Состав и свойства катионной битумной эмульсии ЭБДК – Б

Содержание компонентов, %		РН водной фазы	Показатели свойств эмульсии			
битум	эмульгатор		индекс распада (кварц пылевидный)	условная вязкость при 40 ^{0}С, с	остаток на сите, %	адгезия
69,7	0,25	2,4	38	43	0,104	100

С использованием быстрораспадающейся катионной эмульсии в июле 2013 г. была выполнена поверхностная обработка на участке автомобильной дороги М-8 «Холмогоры» - от Москвы через Ярославль, Вологду до Архангельска; км 96+000 – км 111+500, во Владимирской области. В настоящее время за участком ведется наблюдение.

В качестве выводов. В процессе выполнения исследования была обоснована необходимость детального изучения водной фазы битумной эмульсии, а именно концентрации эмульгатора в ее составе и совместимости с

конкретным минеральным материалом, используемым в производстве. Предложено внести усовершенствования в методику разработки рецептуры битумной эмульсии на стадии изучения и подбора водной фазы;

Установлены зависимости поверхностного натяжения и краевого угла смачивания водной фазы, от концентрации эмульгатора в ее составе имеющие пилообразный профиль. Выявлено, что в рекомендуемом производителем интервале содержания эмульгатора в битумной эмульсии, существуют не эффективные концентрации, действие и изменчивость которых проявляется при контакте с минеральными материалами различной природы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Требования к битумным эмульсиям для приготовления литых эмульсионно-минеральных смесей / А.М. Гридчин, Э.В. Котлярский, А.В. Коротков //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 10–12.

2. Битумные эмульсии. «Строй-Техника.Ру» - информационная система по строительной технике: http://stroy-technics.ru/ (2010).

3. The Shell Bitumen Handbook, Shell Bitumen UK.1990. 13p..

4. Poirier J.-E. Des gouttessurmesure: la haute countwe de l'emulsion // RGRA.2002.№ 809.P. 34-36.

5. Ультразвуковой способ получения битумных эмульсий/Будник В.А., Евдокимова Н.Г., Жирнов Б.С.// Материалы Международной научно- практической конференции «Нефтегазопереработка и нефтехимия - 2005» - Уфа: Изд-во ИНХП, 2005.

6. Механический способ эмульгирования битума в воде. Установка. Методика. Результаты апробирования / Будник В.А., Евдокимова Н.Г., Жирнов Б.С.// Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело", 2006. http://www.ogbus.ru/authors/Budnik/Budnik_2.pdf .-10 с.

7. Emulsion Science.Basic Principles. An Overview / Bibette J., Leal-Calderon F., Schmitt V., Poulin P. // S. Springer Tracts in modern physics. 2002. Vol. 181. 140 p.

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

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

Котлярский Э. В., канд. техн. наук, проф.,
Кочнев В. И., аспирант,
Давлятова Д. Ю., аспирант
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

БЛОК УЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

eco46@mail.ru

Строительно-технические свойства асфальтобетона первоначально определяются технологическими параметрами асфальтобетонной смеси, что предопределяет его дальнейшую способность надежно противостоять эксплуатационным воздействиям. Выбор составляющих материалов и технические требования к ним обусловлены ролью компонентов в формировании структуры и свойств асфальтобетона и его назначением в дорожной конструкции. Блок исходных данных программы автоматизированного проектирования состава асфальтобетона позволяет надежно и точно производить подбор исходных материалов.

Ключевые слова: *асфальтобетон, автоматизированное проектирование, щебень, песок, минеральный порошок, битум.*

Проектирование асфальтобетона представляет собой комплексный процесс, позволяющий обосновать состав (или составы) асфальтобетонной смеси с учетом назначения конструктивного слоя, состава, грузонапряженности и интенсивности дорожного движения и климатических условий района строительства. При этом с привлечением экономических соображений должны быть учтены свойства исходных компонентов, регламентирована последовательность и порядок производства асфальтобетонных работ.

Проектирование асфальтобетона состоит из пяти этапов [1]:

1. анализ условий эксплуатации;
2. анализ исходных материалов и возможности их использования в а/б смеси;
3. разработка технологии приготовления, укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси и назначение технологического регламента производства работ;
4. подбор состава асфальтобетонной смеси, включающий в себя расчетную часть и пробный замес;
5. экономические соображения и расчеты, позволяющие при наличии двух или более равноценных технически вариантов выбрать один и рекомендовать для производства работ.

Для исследования взаимодействия технологического процесса производства асфальтобетонной смеси, системы управления ими и оптимизации информационного обеспечения процесса управления необходимо проведение экспериментальных исследований. Конечная задача - автоматизация работы асфальтобетонного завода, по всем этапам проектирования, включая и автоматизация непосредственно подбора состава асфальтобетонной смеси.

Существуют автоматизированные программы, способные производить на ЭВМ проектирование составов асфальтобетонной смеси. Анализ показал, что они, как правило, имеют общую структуру, показанную на рис. 1 [2].

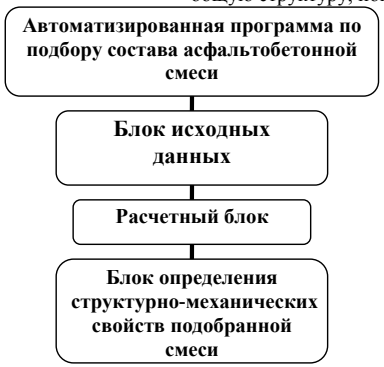


Рис. 1. Общая структура алгоритма автоматизированного проектирования состава асфальтобетонной смеси.

Ниже рассмотрен блок исходных данных автоматизированной программы по подбору состава асфальтобетона «ASBET-6»

При работе с данной программой, прежде всего, следует задать проектные требования к проектируемой асфальтобетонной смеси. Это - вид и тип смеси, конструктивный слой, в котором данная смесь будет использована, крупность заполнителя и требования к зерновому составу в соответствии с нормативами. В качестве альтернативы предполагается возможность задать описание для слоя, в котором будет использована данная асфальтобетонная смесь и из предлагаемых автоматизированной системой вариантов, специалисту необходимо выбрать требуемые критерии. Данный блок программы учитывает нормативные и проектные ограничения, что дает возможность после подбора состава смеси оценку полученных результатов, в автоматически режиме сверяя их с требованиями ГОСТ 9128.

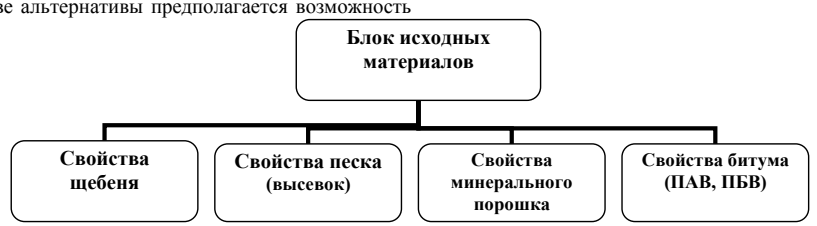


Рис. 2. Структура блока исходных материалов, позволяющая учесть свойства исходных компонентов

На рис. 2 представлен блок исходных материалов предлагаемой автоматизированной системы, позволяющий учитывать характеристики компонентов асфальтобетонной смеси.

Формирование блока исходных материалов может происходить в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

Например, при описании количественных показателей свойств щебня (рис. 3) при ручном режиме после проведении необходимы лабораторных испытаний из бумажных либо электронных лабораторных журналов в автоматизированную систему проектирования заносятся данные о месторождении, виду и генетическому происхождению каменного материала. Параметры, характеризующие истинная и средняя плотности, марку или показатель дробимости в цилиндре. Форма частиц, определяется либо с помощью визуальной оценки, либо более надежно с помощью компьютерного сканирования по специальной программе обработки и, наконец зерновой состав, т.е значения частных остатков для используемого щебня. Автоматизированный программный комплекс самостоятельно рассчитывает значения полных остатки на ситах и пустотность, что используется в расчетном блоке для проектирования состава асфальтобетона. Блок исходных данных позволяет учитывать до различных видов щебня в одном составе асфальтобетонной смеси. Битумоемкость щебня (и других минеральных компонентов - песка и минерального порошка) из горных пород различного минералогического состава и генетического происхождения заложены в базе данных программного комплекса на основании теоретических и экспериментальных работ д.т.н. И.В. Королева и А.М. Гридчина [3].

Для описания количественных показателей среднего заполнителя - песка (рис 4), после ввода исходных параметров, полученных из лабораторных журналов, программный комплекс автоматически рассчитывает показатели пустотности, гравелистости и модуля крупности, в автоматизированном режиме проводить оценку на соответствие с требованиями нормативных документов, выявляя все случаи такого несоответствия. Алгоритм предусматривает использование до двух различных песков различного вида и генетического происхождения.

Описание характеристик минерального порошка представлено на рис 5. После ввода исходных параметров и расчета показателей, используемых в дальнейшем расчете состава асфальтобетонной смеси, производится корреляционно-регрессионный анализ, целью которого является прогноз дисперсности минерального порошка для частиц менее 0,071 мм с надежностью порядка R^2=0,95 - 0,99, что позволяет, благодаря в расчетном блоке производить оценку удельной поверхности тонкодисперсных зерен по методике И.В. Королева [3] прогнозировать требуемое оптимальное количество битума в асфальтобетонной смеси.

Вместе с минеральным порошком битум является основным структурообразующим компонентом асфальтового бетона (рис. 6). Исходные параметры оцениваются на соответствие требованиям ГОСТ 22245. Помимо стандартных характеристик оценивается коэффициент вязкости битума для определения его оптимального количества по методике И.В. Кородлева [3].

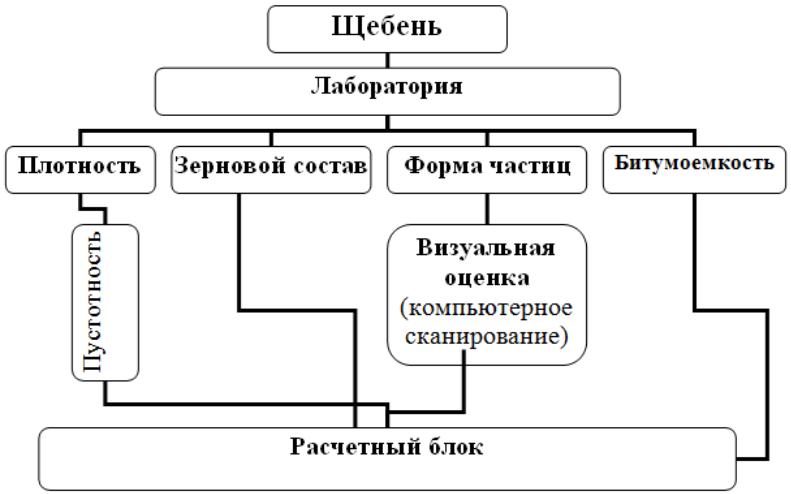


Рис. 3. Описание блока характеристик щебня

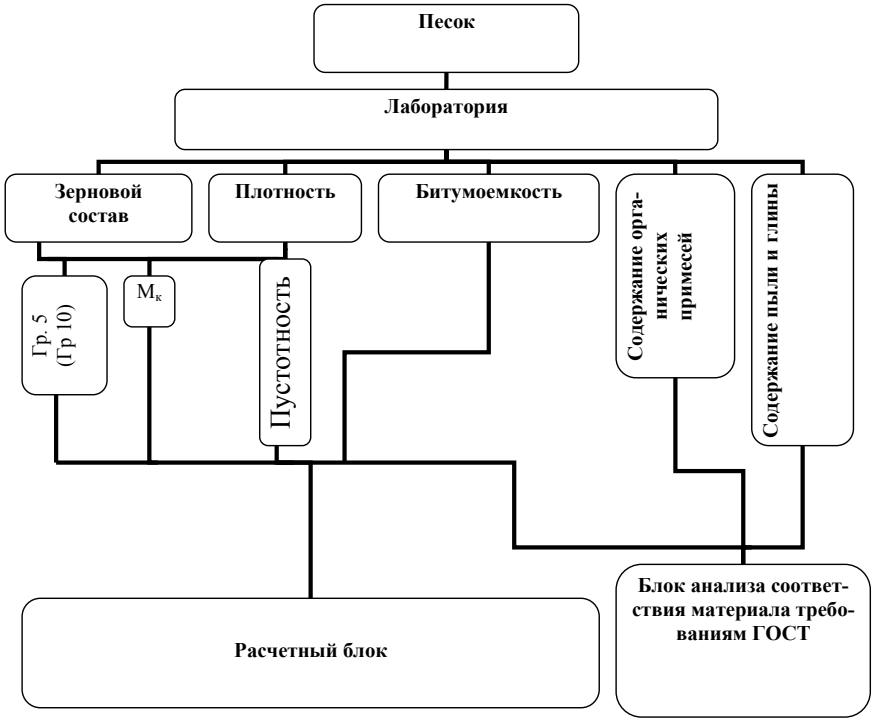


Рис. 4. Описание блока характеристик песка

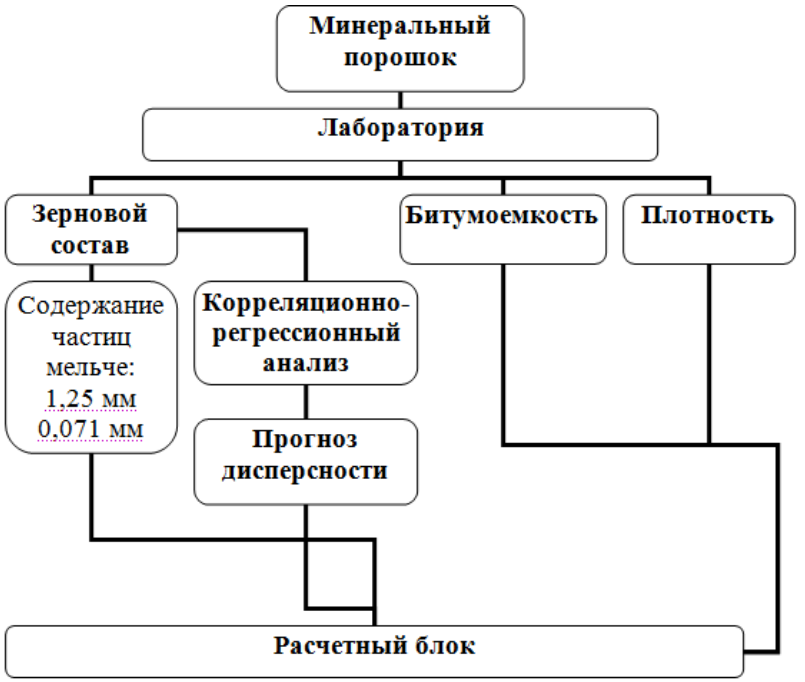


Рис. 5. Описание блока характеристик минерального порошка

В развитых в промышленном отношении странах, а с 2013 года и в России стандарты регламентируют требования к динамической и кинематической вязкости. При разработке предварительного стандарта получена достаточно надежная корреляция между значениями пенетрации при 25°С и этими реологическими характеристиками. Используя корреляционные зависимости, разработанные в МАДИ, программа с большой надежностью просчитывает значения динамической и кинематической вязкости.

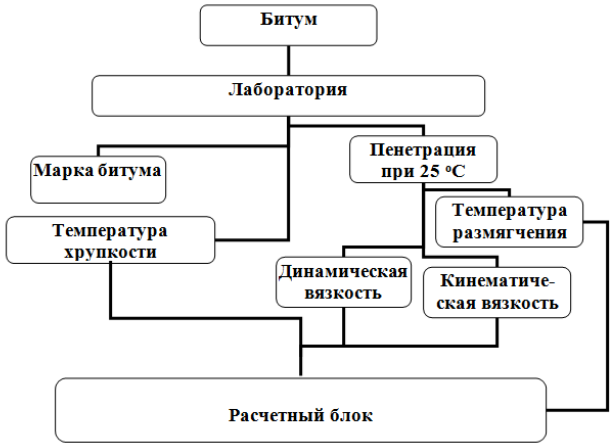


Рис. 6. Описание блока характеристик битума

Рис. 7. Влияние глубины проникания иглы при 25 °С на коэффициент вязкости битума по данным [3].

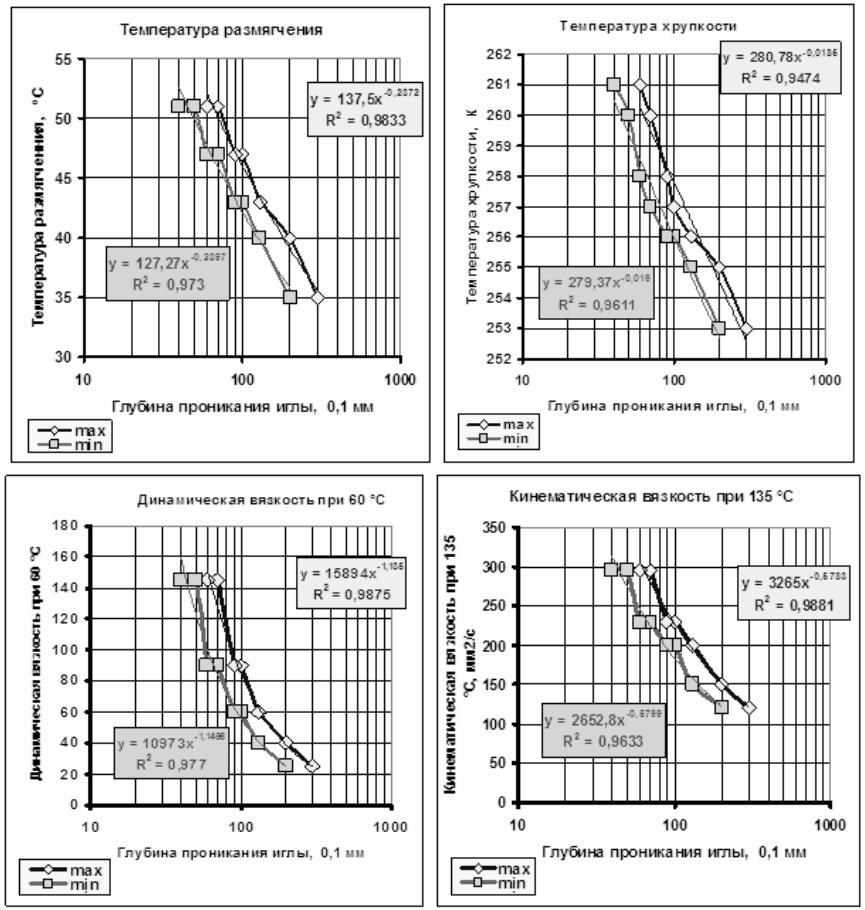


Рис. 8. Влияние глубины проникания иглы битума при 25 °С на температуру размягчения, температуру хрупкости, динамическую вязкость при 60 °С и кинематическую вязкость при 135 °С по данным [4].

Использование баз данных в программе автоматизированного проектирования позволяет накапливать данные о характеристиках по каждому материалу, входящему в состав асфальтобетонной смеси, позволяя систематизировать их с последующей возможностью анализа и использования при подборе состава асфальтобетона.

Блок исходных данных формирует начальную информацию о проектируемой смеси, используемую программой на последующих этапах проектирования, осуществляет предварительный контроль. Дальнейшее развитие и модернизация данного блока позволит более надежно производить подбор состава асфальтобетонной смеси.

Исследования выполнены при финансировании гранта С-8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Котлярский Э.В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона. /М., 2004 г.

2. Воробьев В.А. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. Книга 2. Практические разработки /Воробьев В.А., Суворов Д.Н., Котлярский Э.В., Доценко А.И., Попов В.П. //М, Изд-во Российской инженерной академии, 2009, 732 с.

3. Королев И.В. Пути экономии битума в дорожном строительстве. /М.: Изд-во Транспорт, 1986.

4. Давлятова Д.Ю. Прогноз стандартных показателей свойств вязких дорожных битумов. /Давлятова Д.Ю., Котлярский Э.В., Поздняков М.К. //Сб. статей и докладов ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. М., МАДИ, 2012, с.15-21.

Мардиросова И. В., канд. хим. наук, доц.
Ростовский государственный строительный университет
Леконцев Е. В., мл. науч. сотр.
ДорТрансНИИ РГСУ,
Каклюгин А. В., канд. техн. наук, доц.
Ростовский государственный строительный университет

АСФАЛЬТОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ ВИБРОЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ПРОЦЕССАМ СТАРЕНИЯ

Isabellavm@rambler.ru

В работе рассмотрена актуальная проблема повышения долговечности дорожных покрытий путем замедления процессов старения асфальтового вяжущего, которые во многом определяются структурой и свойствами применяемых органических вяжущих. Для повышения устойчивости асфальтового вяжущего к процессам старения предложен комплексный модификатор из резинового термоэластопласта РТЭП и резиновой крошки.

Ключевые слова: *асфальтовое вяжущее, коэффициенты старения вяжущего, битум, асфальтобетон*

Одной из самых актуальных проблем современного дорожного строительства является повышение долговечности асфальтобетона, которая во многом зависит от структуры и свойств применяемых органических вяжущих веществ и, прежде всего, их склонности к старению. Наиболее объективным методом оценки влияния битума на структурно-механические свойства асфальтобетона и процессы его старения является исследование свойств асфальтового вяжущего (смеси битума с минеральным порошком). Диспергированные частицы минерального порошка могут изменять структуру битума в тонких слоях, образуя с ним коллоидную систему, подобно системе цемент-вода и для правильного проектирования составов смесей важно знать не только свойства исходного битума, но и то, как они влияют на свойства асфальтового вяжущего.

Кроме межмолекулярных сил и коллоидных образований на структуру битума в асфальтобетонных смесях оказывают влияние и химические реакции, протекающие на границе битум-минеральный материал в результате взаимодействия асфальтогеновых кислот битумного вяжущего с минеральными частицами порошка, особенно основного характера. Определенный интерес в этом отношении представляет проведение исследований процессов старения асфальтового вяжущего разработанной в ДорТрансНИИ РГСУ модифицированной вибролитой асфальтобетонной смеси II типа, предназначенной для нового строительства и капитального ремонта дорожных покрытий, что и определило цель и задачи настоящей работы[1,2].

Основными причинами вызывающими старение битума являются несоблюдение технологических режимов при приготовлении, укладке и уплотнении асфальтобетонных смесей, а также воздействие кислорода воздуха и солнечной радиации при эксплуатации покрытий в жаркое время года. Под влиянием этих факторов, в битуме происходит глубокая полимеризация и окислительная полимеризация асфальтенов, смол и масел, сопровождаемая необратимыми изменениями фазового состава органического вяжущего. В результате чего, битум теряет упруго-пластичные свойства, приобретает хрупкость, понижается его адгезия к поверхности минеральных составляющих асфальтобетона. Все это, в конечном итоге, приводит к снижению водо-, морозо- и трещиностойкости асфальтобетона и его преждевременному разрушению.

Отечественными и зарубежными исследователями накоплен значительный опыт по направленному регулированию структурно-реологических свойств битума и повышению его стойкости к старению за счет применения различных модифицирующих добавок типа эластомеров (натурального и синтетического каучуков), резины, серы, полиолефинов, минеральных порошкообразных и волокнистых отходов промышленных производств и т.п. [1–2].

В этих целях для приготовления асфальтового вяжущего в настоящем исследовании использовали известняковый минеральный порошок, битум марки БНД 60/90, модифицированный комплексной добавкой из резинового термоэластопласта РТЭП и резиновой крошки. Соотношение минерального порошка и битума в асфальтовом вяжущем составляло 1,3:1.

Модифицирующая добавка РТЭП вводилась в вяжущее в количестве 0,3 %, а резиновая крошка от 0,9 до 1,3%, с шагом через 0,2% %. В больших количествах РТЭП и резиновая крошка не вводились, т.к. это приводило к затруднению процессов изготовления, укладки и уплотнения асфальтобетонного слоя. Последнее

связано со значительными изменениями показателей: повышения температуры размягчения и понижения глубины проникания иглы модифицированного битума (см. табл. 1), что делает невозможным строительство асфальтобетонного слоя.

Модифицирующая добавка термоэластопласт РТЭП выпускается научно-производственным предприятием ООО «ЮжДорНИИ» г. Ростов-на-Дону, согласно ТУ 5718-001- 79259416. Он имеет вид гранул темного цвета, неправильной сферовидной формы. Размер гранул составляет 2-6 мм, насыпная плотность их -0,3-0,4 г/см^3. Температура размягчения добавки не выше 140^{0}С. Увеличение температуры размягчения и эластичность битума с 5-ти процентным содержанием добавки в битуме БНД 60/90 имеют соответственно значения не менее: 15% и 40% (см. ОДМ 218.3.001-2006). Добавка содержит полиолефиновый компонент, резиновую крошку размером до 1,0 мм, антиоксиданты и битум. Такая комплексная композиция обладает значительным количеством ненасыщенных связей, свойственных полиолефиновым и резиносодержащим соединениям. Особенно эффективно используется РТЭП в районах с континентальным климатом, а также на участках дорог с повышенными динамическими воздействиями на покрытие, например на полосах примыкающих к трамвайным путям [3]. Модификатор обладает повышенной износо- и морозостойкостью, растворяется в углеводородах, битуме, хлороформе, четыреххлористом углероде и т.п. Вредных веществ не содержит.

В работе использовалась резиновая крошка, получаемая дроблением шинной резины из изношенных автомобильных шин и покрышек. Размер частиц резиновой крошки не превышал 1 мм.

Для повышения адгезионных свойств используемых отечественных битумов, особенно при применении минеральных материалов кислых пород в работе использовалась поверхностно-активная добавка аминного типа КАКЭМ-ВТ. Указанный реагент изготавливается в соответствии с ТУ 2482-009-04706205-03. Это вещество катионного типа, представляет собой продукт синтеза сложных полиаминов с жирными кислотами. При введении добавки в разогретый битум она хорошо растворяется, равномерно распределяясь в нем при перемешивании, создавая условия повышенной адгезии вяжущего к минеральному материалу. Количество вводимого адгезива в работе составляло 0,2-0,4 мас.%.

При исследовании составов приготовляемого асфальтового вяжущего до и после старения устанавливали: глубину проникания иглы при 25 ºС ($П$ и $П^c$), 0,1 мм; растяжимость при 25 ºС ($Р$ и $Р^c$), см; эластичность ($ЭЛ$ и $ЭЛ^c$), % температуру хрупкости ($Т_х$ и $Т_х^c$), ºС; температуру размягчения ($Т_Р$ и $Т_р^c$), ºС; изменение температуры размягчения после прогрева, ºС.

Влияние процесса старения на свойства асфальтовяжущего исследовали по американской методике TFOT (Thin Film Oven Test) согласно стандарту ASTM D 1754. Асфальтовяжущее подогревали в тонком слое толщиной 3,2 мм в формах диаметром 140мм и высотой 9,5 мм, которые находились на вращающейся со скоростью 6 оборотов/мин. полке термостата с циркуляцией воздуха.

Для более объективной оценки влияния процесса старения на свойства битума использовались коэффициенты старения, введенные в работе [3], характеризующие изменения свойств вяжущего в процессе старения: $К^c_{п,}$ $К^c_{Тр}$, $К^c_{Тх}$, $К^c_д$: соответственно коэффициенты глубины проникания иглы при 25 ºС (%), температуры размягчения, температуры хрупкости, растяжимости при 25 ºС. Коэффициенты рассчитывались из соотношения разности данного показателя до и после старения асфальтового вяжущего отнесенной к одноименному показателю асфальтового вяжущего до старения.

Так, например: $К^п_с = \Delta П / П$ 100 %, где $\Delta П = П^c - П$

П – глубина проникания иглы до старения

$П^c$ – глубина проникания иглы после старения. Результаты испытаний приведены в таблице 1, а рассчитанные коэффициенты изменения важнейших физико-химических показателей исследованных составов в процессе старения – в таблице 2.

Представленные данные показывают, что предлагаемый комплексный модификатор, состоящий из резинового термоэластопласта и резиновой крошки оказывает заметное структурирующее влияние на свойства асфальтовяжущего. Модифицированное вяжущее по сравнению с исходным характеризуется меньшей глубиной проникания иглы и растяжимостью при 25 ºС, большей температурой размягчения, эластичностью и пониженной температурой хрупкости.

Вяжущее становится более вязким и характеризуется пониженными коэффициентами старения, что свидетельствует о замедлении процессов его старения по сравнению с не модифицированным. Однако, полностью комплексный модификатор не исключает процесс старения битума (табл. 1, 2).

Глубина проникания иглы, как следует из данных табл.1, при введении в асфальтовое вяжущее добавки понижается, что свидетельствует

о повышении вязкости материала, обеспечивая асфальтобетону необходимые эксплуатационные свойства. Так, коэффициенты старения глубины проникания иглы ($К^с_П$) для составов содержащих по 0,3 % РТЭП и резиновой крошки до 1,3% имеют невысокие значения, понижаясь, по сравнению с вяжущим без добавок, от 26,3 % до составов с добавками до 15,2%. Снижение этого показателя с увеличением концентрации резиновой крошки указывает на замедление процессов старения асфальтового вяжущего в присутствии модификатора.

Как показали проведенные исследования использование РТЭП и резиновой крошки в составе асфальтового вяжущего вызывает значительное понижение растяжимости (табл.1). Однако, в данном случае это можно считать вполне приемлемым. В ряде работ [4,5], отмечается, что показатель растяжимости, оказывается малопригодным для оценки качества вяжущего и не позволяет судить о его поведении в асфальтобетоне в условиях динамических воздействий. Высокие значения растяжимости указывают лишь на однородность вяжущего, но могут стать причиной снижения сдвигоустойчивости покрытия. Однако, как показали исследования установлено, что повышение концентрации резиновой крошки в составе смеси выше 1,1 % не целесообразно, т.к. при этом наблюдается значительное понижение показателя растяжимости (табл.1).

Показатель старения растяжимости $К^с_д$ значительно понижается с ростом концентрации резиновой крошки, что следует также отнести подобно показателю $К^с_П$ к числу положительных влияний резиновой крошки на свойства асфальтового вяжущего. Так, коэффициент $К^с_д$ вяжущего, не содержащего модифицирующую добавку, составлял 24,5%, в то время, как у состава с добавкой 0,3 % РТЭП и 1,1% резиновой крошки, он понизился до 9,3 %, т.е. более, чем в 2,5 раза и при больших ее концентрациях наблюдается дальнейшее его понижение.

Таблица 1

Зависимость физико-механических показателей асфальтовяжущих, модифицированных добавкой 0,3 % резинового термоэластопласта от содержания резиновой крошки (до и после старения)

Наименование проб	Глубина проникания иглы при		Растяжимость, мм, при 25°С	Температура, ^{0}С	
	25°С	0°С		размягчения	хрупкости
1. Битум БНД 60/90					
до старения	74,0	8,0	66,3	47,0	-17,0
после старения	50,0	8,1	40,1	53,0	-14,0
2.Асфальтовяжущее (А.В.)					
до старения	57,0	25,0	38,2	54,0	-15,0
после старения	42,0	21.0	29,3	60,0	-13,0
3. А.В.+ 0,3% РТЭП					
до старения	43,0	22,0	28,9	62,0	-17,0
после старения	33,0	14,0	24,7	68,0	-15,0
4. А.В.+ 0,3% РТЭП+0,9%РК					
до старения	41,0	20,0	25,4	68,0	-26,0
после старения	32,0	27,0	22,8	73,0	-24,0
5. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,1%РК					
до старения	37,0	20,0	24,6	76,0	-27,0
после старения	30,0	17,0	22,3	81,0	-25,0
6. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,3%РК					
до старения	33,0	18,0	16,3	86,0	-22,0
после старения	28,0	16,0	14,9	90,0	-21,0

Температура размягчения асфальтового вяжущего при введении РТЭП и резиновой крошки с ростом содержания резиновой крошки заметно повышается. При содержании РТЭП в количестве 0,3 % и резиновой крошки 1,1 % в процессе старения температура размягчения повышается по сравнению с не модифицированным вяжущим от 54 ^{0}С до 76 ^{0}С. Коэффициент старения при этом $К^с_{Тр}$ характеризуется невысокими значениями: асфальтовое вяжущее без добавок имеет значение $К^с_{Тр}$ 11,1 %, у модифицированного вяжущего, он составляет 6,6 %, т.е. процесс старения также сокращается в 1,7 раза.

Следует отметить и положительные изменения температуры хрупкости наблюдаемые в процессе старения асфальтового вяжущего. Добавки. РТЭП и резиновой крошки введенные в состав асфальтового вяжущего в количестве соответственно 0,3 % и 1,1 % обеспечили понижение температуры хрупкости на 10 ^{0}С (табл.1).

Коэффициент старения асфальтового вяжущего $К^с_{Тх}$ в этом случае снизился от 13,3 % до 7,4 %, т.е. процесс старения модифицированного вяжущего (табл.2) по этому показателю по сравнению с не модифицированным замедлился в 1,8 раза, что благоприятно сказывается на повышении работоспособности асфальтобетона в зимних условиях.

Таблица 2

Зависимость коэффициентов старения $К^с$ асфальтового вяжущего с добавкой 0,3% РТЭП от крошки

Наименование проб	$К^с_п$, % при 25 °С	$К^с_д$	$К^с_х$	$К^с_р$
1. Битум БНД 60/90	32,4	39,5	17,6	12,8
2.Асфальтовяжущее (А.В.)	26,3	24,5	13,3	11,1
3. А.В.+ 0,3% РТЭП	23,3	14,5	11,8	9,7
4. А.В.+ 0,3% РТЭП+0,9%РК	22,0	10,2	7,7	7,4
5. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,1%РК	18,9	9,3	7,4	6,6
6. А.В.+ 0,3% РТЭП+1,3%РК	15,2	8,6	4,5	4,7

Использование поверхностно-активной добавки КАДЭМ-ВТ позволило во всех случаях улучшить адгезионные свойства вяжущего.

Понижение значений описанных выше коэффициентов старения асфальтового вяжущего объясняется, прежде всего, наличием в его составе РТЭП, и резиновой крошки, содержащей антиоксиданты, значительно замедляющих протекание процессов старения. В условиях повышенных температур эти добавки способствуют также структурированию асфальтового вяжущего. Частицы резиновой крошки являются более в этом случае активными адсорбентами, а следовательно и структурными центрами. За счет увеличения удельной поверхности минеральной части асфальтового вяжущего количество структурированного битума значительно возрастает. Структурированный битум, находящийся в ультратонких сольватных оболочках резиновой крошки отличается повышенной стойкостью к старению по сравнению со свободным [6].

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрена актуальная проблема - повышение долговечности дорожных покрытий путем замедления процессов старения асфальтового вяжущего, которые во многом определяются структурой и свойствами применяемых органических вяжущих. Для улучшения структурно-механических свойств асфальтобетона и повышения его устойчивости к процессам старения в работе предложен комплексный модификатор из резинового термоэластопласта РТЭП и резиновой крошки. В условиях повышенных температур модификатор способствуют протеканию процессов структурирования асфальтового вяжущего. При этом частицы резиновой крошки являясь более активными адсорбентами выступают в роли структурных центров. За счет увеличения удельной поверхности минеральной части асфальтового вяжущего количество структурированного битума значительно возрастает. Структурированный битум, находящийся в ультратонких сольватных оболочках резиновой крошки отличается повышенной стойкостью к старению по сравнению со свободным.

Для оценки процессов старения асфальтового вяжущего использовались коэффициенты старения: глубины проникания иглы при 25 ^{0}С $К^с_п$, температуры размягчения $К^с_{Тр}$, температуры хрупкости $К^с_{Тх}$ и растяжимости при 25 ^{0}С, $К^с_д$. Отмечено заметное понижение всех перечисленных коэффициентов, указывающего на положительное влияние разработанного комплексного модификатора на замедление процессов старения асфальтового вяжущего, что безусловно скажется в дальнейшем на долговечности покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелик-Багдасаров М.С., Гноев К.А., Мелик-Багдасарова Н.А. Строительство и ремонт дорожных асфальтобетонных покрытий /М.С. Мелик-Багдасаров, К.А. Гноев, Н.А. Мелик-Багдасарова. – Белгород. изд-во, 2007. – 158 с.

2. Мелик-Багдасаров М.С. Исследование жесткого литого асфальтового бетона с целью применения в покрытиях городских дорог: дис. … канд. техн. наук. – Союз ДорНИИ, 1975.

3. Иваньски М., Урьев Н.Б. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсным и полимерным компонентами). Под общей редакцией профессора, доктора химических наук Н.Б. Урьева. – М.: Техполиграфцентр, 2007. -668с.

4. Руденский А.В., Смирнов Н. Для всех климатических зон. Композиционные резинобитумные материалы широкого применения /А.В.Руденский, Н.В. Смирнов // Дороги России XXI века. – 2002. – № 3. – С. 86-88.

5. Руденская И.М., Руденский А.В. Органические вяжущие для дорожного строительств. – М.: Транспорт, 1984. – 229 с.

6. Мардиросова И.В., Леконцев Е.В., Сараев Д.С. Плотная вибролитая асфальтобетонная смесь для строительства и а автомобильных дорог // М.: Дороги и мосты.

Кузнецов Д. А., канд. техн. наук, доц.,
Агамян Б. С., аспирант,
Баранов Т. Р., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

УСТОЙЧИВОСТЬ К ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН ПРИ СТАРЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С ПОРИСТЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ПОРОШКАМИ*

xidox@yandex.ru

В статье, рассмотрен один из способов снижения трещиностойкости асфальтобетона в покрытии автомобильных дорог заключающийся в использовании пористого минерального порошка. Проведен анализ интенсивности процессов старения битума в асфальтобетоне как при приготовлении смеси, так и в процессе эксплуатации.

***Ключевые слова**: битум, асфальтобетон, керамзит, цеолит, трещиностойкость.*

Современные реалии предъявляют все более высокие требования к качественным показателям покрытий дорог, что естественным образом влечет за собой необходимость в использовании прогрессивных технологий и материалов. При этом одними из приоритетных остаются задачи ресурсосбережения и снижения энергоемкости приготовления дорожно-строительных композитов с сохранением их высокого качества.

Повреждения дорожных покрытий в процессе эксплуатации значительно уменьшают их срок службы. Так, вместо заложенных 15–20 лет очень часто асфальтобетонные покрытия выходят из строя через 6–8 лет.

Одним из наиболее характерных видов разрушений являются трещины. Основные причины их образования – воздействие погодно-климатических факторов, транспортных нагрузок, изменение свойств материалов со временем. Кроме того, при несвоевременном ремонте трещины очень быстро разрастаются в обширные разрушения.

Дорожные одежды, в силу специфики состава материалов и условий работы, не могут быть абсолютно трещиностойкими. Однако применение эффективных методов борьбы с трещинообразованием позволило бы увеличить сроки службы покрытий, снизить затраты на их содержание и ремонт за счет повышения устойчивости слоев к появляющимся трещинам.

Одной из причин разрушения асфальтобетонных покрытий является старение битума, входящего в состав композита. В процессе старения изменяется групповой состав битума, что сопровождается уменьшением масляной и увеличением смолисто-асфальтеновой составляющих. Что, в свою очередь, вызывает изменения структуры и свойств битума и асфальтобетона - повышается вязкость, жесткость и упругость, понижается пластичность. Это способствует хрупким разрушениям асфальтобетона при низких зимних температурах.

Кроме того, известно, что интенсивность описанных выше процессов зависит от того, в каком состоянии находится битум - в объеме или в пленке, покрывающей минеральные частицы. Часто, пленочный битум в асфальтобетоне стареет, при прочих равных условиях, интенсивнее. Однако, как показали исследования [1-3], при образовании химических связей между компонентами битума и активными центрами адсорбции минеральной подложки свободные радикалы вяжущего могут частично блокироваться, и такой битум стареет менее интенсивно. Это требует изучения и разделения процессов старения, протекающих на технологической стадии и аналогичных процессов в период эксплуатации.

Исследование стабильности свойств асфальтобетонов во времени, связанных со старением битума, необходимо еще и потому, что, зачастую, с целью снижения стоимости асфальтобетона, дорожно-строительные организации используют при его производстве техногенные отходы промышленности, не всегда одинаково влияющие на характеристики конечного продукта.

В настоящее время, одним из перспективных направлений в решении задачи получения качественного асфальтобетона является применение пористых минеральных порошков, в том числе из отходов промышленности. Использование таких наполнителей в ряде случаев может способствовать повышению тепло-, трещиностойкости и сдвигоустойчивости дорожного композита, а также снижению стоимости приготовления асфальтобетонной смеси и уменьшению антропогенного прессинга на окружающую среду [1-6].

Поэтому, целью настоящих исследований была оценка влияния пористых дисперсных наполнителей для дорожного асфальтобетона на трещиностойкость и интенсивность процессов старения битума в разрезе моделирования технологических и эксплуатационных факторов.

В исследованиях использовались следующие материалы: битум нефтяной дорожный БНД 60/90, гранитные щебень и песок, минеральные порошки из известняка, керамзитовой пыли и цеолита, свойства которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики минеральных порошков

Показатели	Минеральный порошок				
	МП-1		МП-2		
	Требования ГОСТ	Известняк	Требования ГОСТ	Керамзит	Цеолит
Зерновой состав, % по массе: мельче 1,25 мм мельче 0,315 мм мельче 0,071 мм	не менее 100 не менее 90 от 70 до 80	100 96 85	не менее 95 от 80 до 95 не менее 60	100 98 84	100 98 80
Пористость, %	35, не боле	28	40, не боле	39	45
Водостойкость асфальтовяжущего, %	не норм.	0,91	0,7	0,3	0,92
Показатель битумоемкости, г	не норм.	68	80	94	78
Влажность, % по массе	1,0, не более	0,4	2,5, не более	2,56	6,15

Исследуемые наполнители обладают характерным общим признаком – высокой пористостью. Известно, что плотные и пористые порошки по-разному ведут себя в отношении органических адсорбатов. При использовании образцов плотного строения битум не проникает в тело материала, поэтому такие порошки сорбируют битум без заметного изменения его свойств. В тонкопористых материалах наблюдается избирательная диффузия компонентов битума, вследствие этого тонкопористые минеральные порошки существенно изменяют свойства битумных слоёв. При применении пористых минеральных материалов адсорбционные слои битума на поверхности минеральных частиц несколько обедняются смолами и маслами. За счет увеличения концентрации асфальтенов вязкость поверхностных слоев битума возрастает. Существует предположение, что обозначенные процессы, приводящие к обеднению вяжущего легкими фракциями способствуют ускорению процессов старения.

Однако, пористые порошки оказывают более сильное структурирующее действие. Кроме того, битум может модифицироваться за счет обнажения наиболее активных его компонентов – асфальтенов и стабильных радикалов, которые взаимодействуют с минеральным материалом с образованием химической связи. Такой вид взаимодействий приводит к упрочнению контактов на границе раздела и увеличению долговечности покрытия.

В работе был установлен характер влияния пористых минеральных порошков на интенсивность необратимых изменений вяжущего, происходящих при старении, который устанавливался по изменению характеристик трещиностойкости в процессе приготовления смесей, и после прогрева образцов. Трещиностойкость асфальтобетона оценивалась по пределу прочности на растяжение при расколе.

На рис. 1 представлен график изменения предела прочности при расколе образцов асфальтобетона, выполненных из смеси после прогрева при температуре приготовления в течение одного и двух часов.

Такой режим позволяет косвенно охарактеризовать интенсивность изменений свойств асфальтобетона, связанных со старением вяжущего, в процессе приготовления на АБЗ, хранением в бункере накопителе и последующей транспортировкой к месту укладки. То есть на том этапе, когда битум находится в пленочном состоянии при повышенных температурах и имеется свободный доступ кислорода.

Видно, что трещиностойкость образцов асфальтобетона прогретых в течение длительного времени отличается от значений для образцов заформованных сразу после перемешивания.

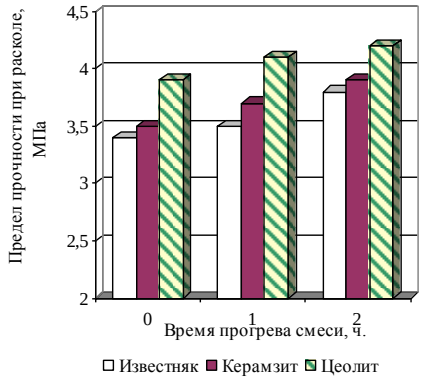


Рис. 1. Трещиностойкость асфальтобетона с пористыми минеральными порошками после старения в процессе приготовления

Образцы с высокопористыми минеральными порошками отличаются повышеной трещиностойкостью, особенно это характерно для асфальтобетона с тонкомолотым цеолитом.

Тенденция изменения прочности общая для всех исследуемых минеральных порошков, причем прочность повышается в течение всего времени прогрева. Однако если проанализировать динамику изменения прочностных показателей, то у асфальтобетона с минеральным порошком из цеолита прочность повышается менее интенсивно, что может свидетельствовать о замедленном процессе старения по сравнению с известняком и керамзитом. Как известно, [7] адсорбированные слои по сравнению со свободным битумом имеют одно важное преимущество: молекулы битума в адсорбированных слоях имеют гораздо меньшую подвижность, чем в свободном битуме, что снижает их реакционную способность. Это проявляется в том, что в смеси битума с минеральным наполнителем, при активном взаимодействии их поверхностей, не наблюдается значительного окисления вяжущего, что обусловлено адсорбированным состоянием битума на поверхности минерального порошка.

При проведении исследований трещиностойкости асфальтобетона после прогрева в термошкафу, при температуры 160 °С, которые имитирую работу асфальтобетона в покрытии в течение длительного времени, тенденция набора прочности при расколе для образцов с различными пористыми минеральными порошками повторилась. Результаты представлены на рис. 2.

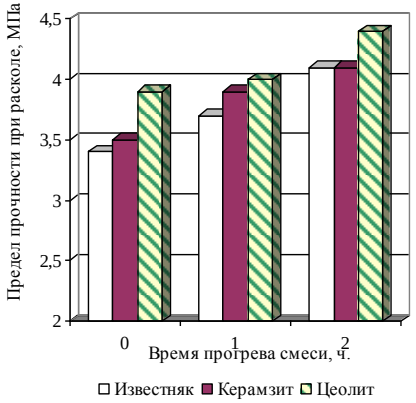


Рис. 2. Трещиностойкость асфальтобетона с пористыми минеральными порошками после прогрева образцов

Как видно, полученные результаты подтверждают полученные ранее данные [8] о том, что пористые минеральные порошки могут являться эффективным сырьем для производства асфальтобетонных смесей, и, в ряде случаев, позволяют добиться повышенной треностойкости покрытия. Также стоит отметить, что на процессы старения битума при объединении с пористым минеральным порошком большее влияние оказывает, очевидно, химический состав наполнителя и его способность вступать в реакцию с компонентами битума, чем пористость сырья.

**Статья подготовлена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 г.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин А.М., Ядыкина В.В., Высоцкая М.А., Коротаев А.П. Асфальтовяжущее на основе пористого минерального порошка // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов сборник докладов (XIX научные чтения). 2010. С. 82-86.

2. Котлярский Э.В., Воейко О.А. Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации – М.,2007г.

3. Peterson J.C., Ensley E.K., Barbour F.A. Molecular interaction of asphalt in the asphalt – aggregate interface region // Transp. Res. Rec. – 1974. - №515. – P. 67-68.

4. Pilat J. Mieszanki mineralno-asfaltowe z dodatkiem mialu gumowego i wapna hydratyzowanego / J. Pilat, M. Kalabinska, P. Radziszewski // Materialy Budowlane. 2000. Nr 11. – S. 60-62.

5. Reyes C.A.R., Williams C.D., Alarcon O.M.C. Synthesis of zeolite LTA from thermally treated kaolinite / Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia №.53, Junio, 2010. – pp. 30–41.

6. Баженов, Ю.М. Нанотехнология и наномодифицирование в строительном материаловедении. Зарубежный и отечественный опыт [Текст] / Ю.М. Баженов, Е.В. Королев // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2007. – № 2. – С. 16 – 19.

7. Печеный Б.Г. Долговечность битумных и битумоминеральных покрытий / Б.Г. Печеный. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 158-168.

8. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Фёдоров М.Ю. Оценка качества битумоминеральных композитов с применением пористых наполнителей // Дороги и мосты. 2012. Т. 27. С. 240-252.

Чернов С. А., канд. техн. наук, ст. преп.,
Еременко Е. А., инженер,
Хижняк Ю. В., аспирант
Ростовский государственный строительный университет

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ НА МОДУЛЬ УПРУГОСТИ МНОГОЩЕБЕНИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Sergei_a_chernov@rambler.ru

В последнее время при строительстве и реконструкции автомобильных дорог в составе асфальтобетонных смесей все больше используются полимерные модификаторы и полимерно-битумные вяжущие (ПБВ). Однако, единого мнения об их влиянии на качество асфальтобетонов до сих пор не выработано. В связи с этим в рамках научно-исследовательской работы проводятся испытания широко распространенных на территории РФ полимерных добавок и ПБВ, ведется анализ их влияния на стандартные физико-механические свойства асфальтобетона и его модуль упругости. Накопленный опыт позволит внести предложения по дополнению нормативно-технической документации рядом требований, предъявляемым к полимерасфальтобетонам.

Ключевые слова: *полимерный модификатор, полимерно-битумное вяжущее, щебеночно-мастичный асфальтобетон, модуль упругости.*

В процессе эксплуатации под воздействием внешних факторов в асфальтобетоне происходит изменение его прочностных и деформативных характеристик. В связи с этим в настоящей работе представлены результаты выполненных экспериментальных исследований, направленных на изучение основных закономерностей изменения физико-механических показателей асфальтобетона в зависимости от применяемых добавок и получение дополнительных расчетных характеристик, в том числе модуля упругости асфальтобетона.

В лаборатории «ДорТрансНИИ РГСУ» были проведены экспериментальные исследования по выявлению влияния различных стабилизирующих и модифицирующих добавок на свойства горячих асфальтобетонных смесей. Испытания проводились на горячей мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа А, I марки и щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси ЩМА -15. В качестве минеральных материалов в работе использовался гранитный щебень, отсев его дробления и активированный минеральный порошок, а в качестве органического вяжущего - вязкий дорожный битум марки БНД 60/90 или же ПБВ различных производителей. В составе щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей использовались стабилизирующие добавки, такие как Viatop, ДЦГ, микробазальтовая фибра и СД-1, а также модифицирующие добавки - Vialux, РТЭП и Унирем. Кроме этого в работе проводились испытания и для асфальтобетонов, приготовленных на полимерно-битумных вяжущих марок «Полигум 60» и «Альфабит 60». На первоначальном этапе экспериментальных исследований были проведены испытания по выявлению влияния стабилизирующих и модифицирующих добавок, а также полимерно-битумных вяжущих на стандартные физико-механические показатели, согласно ГОСТ 9128-2009 и ГОСТ 31015-2002.

Исходя из анализа полученных физико-механических показателей в зависимости от добавки, можно сделать вывод, что прочность при сжатии при температурах 20 и 50 °С возрастает с применением ПБВ или полимерных добавок. Как показали экспериментальные исследования, смесь без добавки имеет показатель предела прочности при сжатии при температуре 20 °С равным 3,38 МПа, а с добавками прочность варьируется в диапазоне 3,7 – 4,8 МПа, что значительно превышает требования ГОСТ 9128-2009 (не менее 2,5 МПа). Такая же ситуация наблюдается и с показателем предела прочности при сжатии при температуре 50 °С (1,38 МПа в смеси без добавок и 1,5 -2,0 МПа при применении ПБВ или полимерного модификатора по сравнению с требованиями ГОСТ 9128-2009 равным 1,0 МПа).

Результаты экспериментальных исследований щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей представлены на рисунке 1, *а–г*.

Анализ результатов испытания щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, содержащих различного рода добавки, показал, что значительных отличий в физико-механических показателях смесей приготовленных на ПБВ и смесей, содержащих модифицирующие или стабилизирующие добавки, не наблюдается. Однако, следует отметить положительное влияние полимерной фибры и добавки «РТЭП» на предел прочности при сжатии при температуре 50 °С. Значения данного показателя возросли в

среднем на 15-20 % по сравнению со значениями характерными для смесей, приготовленных с применением стабилизирующих добавок и ПБВ.

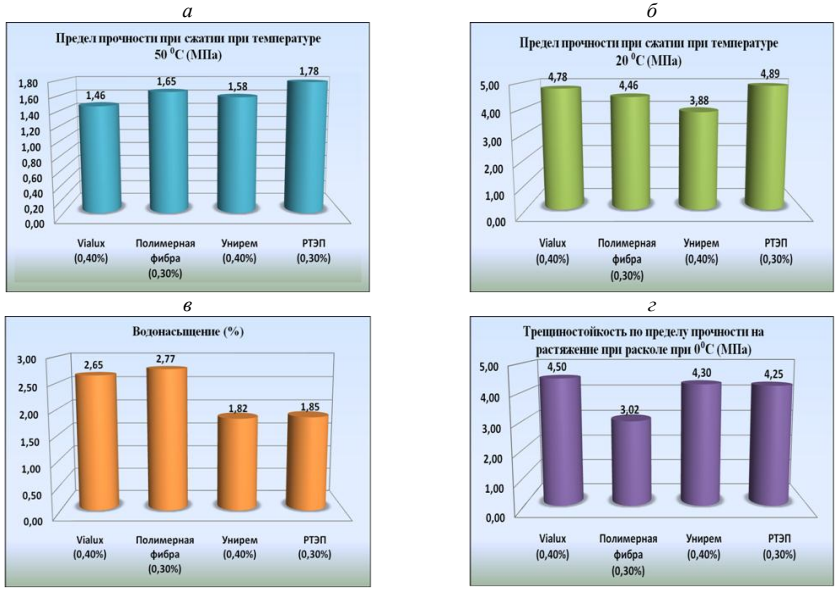


Рис. 1. Влияние типа полимерной добавки и ее процентного содержания на показатели ЩМА – 15

Для более детального анализа влияния исследуемых добавок на качество щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей и горячих плотных мелкозернистых асфальтобетонных смесей типа А, I марки, были проведены исследования на приборе динамического нагружения для оценки их устойчивости на накопление остаточных деформаций под воздействием динамических нагрузок и испытания на определение кратковременного модуля упругости асфальтобетона при расчетных температурах [1-3].

Результаты экспериментальных исследований ЩМА и горячих мелкозернистых плотных смесей типа А, представлены на рисунках 2-3.

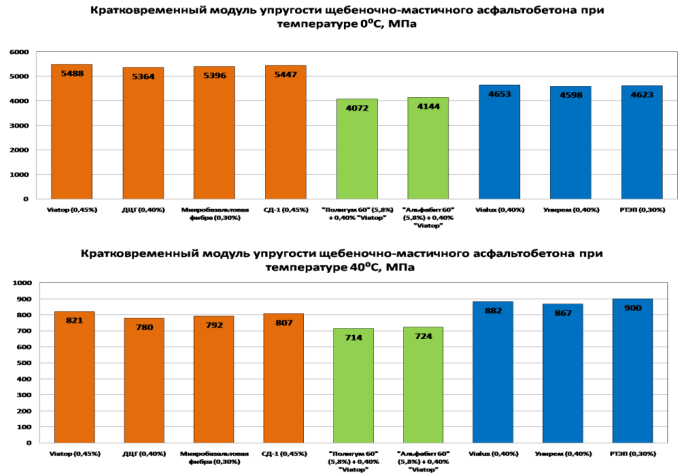


Рис. 2. Результаты испытания щебеночно-мастичного асфальтобетона на кратковременный модуль упругости при температурах 0 и 40 °С

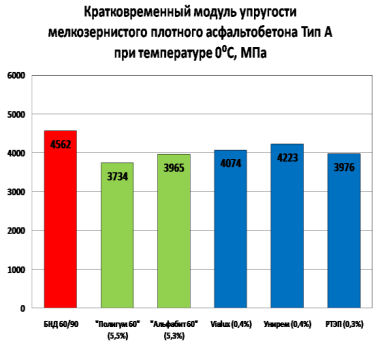


Рис. 3. Результаты испытания асфальтобетона из горячей мелкозернистой плотной смеси типа А на кратковременный модуль упругости при температурах 0 и 40 ºС

На представленных диаграммах асфальтобетоны, приготовленные с применением различных добавок и ПБВ выделены цветом в зависимости от их функционального назначения: стабилизирующие - бежевым, модифицирующие – синим, полимерно-битумные вяжущие – зеленым и асфальтобетоны, приготовленные без добавок – красным (только для типа А). Проведенные исследования позволили выявить влияние модифицирующих и стабилизирующих добавок, а так же полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) разных производителей на кратковременный модуль упругости асфальтобетона типа А и щебеночно-мастичного асфальтобетона.

По результатам проведенных экспериментальных исследований на определение кратковременного модуля упругости щебеночно-мастичных асфальтобетонов и асфальтобетонов из горячих мелкозернистых плотных смесей типа А, I марки, можно сделать следующие выводы:

1) Значения кратковременного модуля упругости щебеночно-мастичного асфальтобетона в исследуемом температурном диапазоне превышают значения модуля упругости плотного асфальтобетона типа А (при 0º - на 14-16 %, при +10 ºС – на 10-13%, при +40 ºС – 16-20 %).

2) Введение полимерных модифицирующих добавок в щебеночно-мастичный асфальтобетон позволило повысить повысили кратковременный модуль упругости на 7-11 % при температуре +40 ºС и на 3-5 % при температуре +10 ºС, и снизили кратковременный модуль упругости на 14-15 % при 0 ºС.

3) Использование полимерно-битумного вяжущего при приготовление щебеночно-мастичного асфальтобетона понизило понижает модуль упругости при всех температурах (при 0º - на 22-26 %, при +10 ºС – на 13-15 %, при +40 ºС – на 9-11%).

4) Введение полимерных модифицирующих добавок в асфальтобетон типа А увеличивает модуль упругости на 13-20 % при температуре +40 ºС и снижает модуль упругости на 9-10 % при 0 ºС. При температуре +10 ºС модуль упругости асфальтобетона типа А при введении полимерных модифицирующих добавок практически не меняется.

5) Использование полимерно-битумного вяжущего при приготовление асфальтобетона тип А так же как и в щебеночно-мастичном асфальтобетоне понижает модуль упругости при всех температурах (при 0º - на 14-17 %, при +10 ºС – на 8-10 %, при +40 ºС – на 9-10 %).

В заключении следует отметить, что введение полимерных модифицирующих добавок и полимерно-битумного вяжущего оказывает положительное влияние на деформативные свойства плотного асфальтобетона типа А и щебеночно-мастичного асфальтобетона. Увеличивая модуль упругости при повышенных летних температурах (+40 ºС) введение ПБВ и полимерных модифицирующих добавок способствует повышению сдвигоустойчивости дорожной одежды. Снижая модуль упругости при 0 ºС введение ПБВ и полимерных модифицирующих добавок способствует повышению трещиностойкости дорожной одежды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маляр В.В., Псюрник В.А., Лапченко А.С. Определение модуля упругости асфальтополимербетонов для расчета конструкций дорожных одежд. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, вып. 40, Харьков 2008, С. 84-86.

2. ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд. (взамен ВСН 52-89), М. 2003, 80 с.

3. Шумчик В.К., Сериков Д.Л. Определение модулей упругости различных типов асфальтобетонов для расчета дорожных одежд: Сборник докладов Ассоциации Исследователей Асфальтобетона, М. 2008, с. 89-98.

Сачкова А. В., ассистент,
Духовный Г. С., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЕЕСТОЙКОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО РЕЗИНОБИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

karpenko-alisa@mail.ru

Предложено применение резиновой крошки, в качестве модификатора, при получении композиционного резинобитумного вяжущего.

Получен щебеночно-мастичный асфальтобетон на композиционном резинобитумном вяжущем, без применения стабилизирующих добавок. Данный асфальтобетон обладает повышенной теплостойкостью и стойкостью к появления высокотемпературных деформаций.

Ключевые слова: *резиновая крошка, композиционное резинобитумное вяжущее, щебеночно-мастичный асфальтобетон, колеестойкость.*

Основным недостатком асфальтобетонного покрытия является зависимость его свойств от температуры окружающей среды. Основные проявления данной зависимости это колейность на автомобильных дорогах, появляющаяся в жаркий период года и усталостное трещинообразование при отрицательных температурах. основным решением которых будет являться получение асфальтобетона с расширенным температурным интервалом надежной работы.

На данный момент, решить эти проблемы пытаются путем модификации органического вяжущего. Ранее проводились исследования по модификации асфальтобетонной смеси резиновой крошкой, но они преимущественно ограничивались введением ее непосредственно при смешении минеральных материалов. В последнее время велись исследования по применению резиновой крошки в качестве модификатора вяжущего, однако предлагаемые способы используют многостадийные технологии приготовления вяжущего в присутствии химических агентов и катализаторов, что, существенно, усложняет получение вяжущего и увеличивает его стоимость.

В данной работе, для исследования возможностей применения резиновой крошки в качестве эффективного модификатора, принят модификатор, получаемый по методу высокотемпературного сдвигового измельчения, основанному на одновременном воздействии на материал интенсивного сжатия, деформирования сдвигом и нагрева, при этом средний размер крошки составляет 5-50 микрон.

Предположено, что при температурной обработке резиновой крошки в вяжущем, при подобранном температурном и временном режимах происходит ее частичная девулканизация в мальтеной части битума, разрыв поперечных серных связей и переход полимера из пространственной структуры в линейную. Таким образом, отпадает необходимость использования дополнительных пластификатор, за счет использования внутренних ресурсов

При определении технологических параметров приготовления резинобитумного вяжущего, за оптимальную температуру была принята температура 160 ºС, что соответствует температуре приготовления асфальтобетонной смеси, так как дальнейшее повышение температуры вызывает ускоренное старение битума и деструктивные процессы в модификаторе. Это, учитывая высокую степень дисперсности резиновой крошки, может привести к процессам пиролиза и образованию сажи на поверхности модификатора.

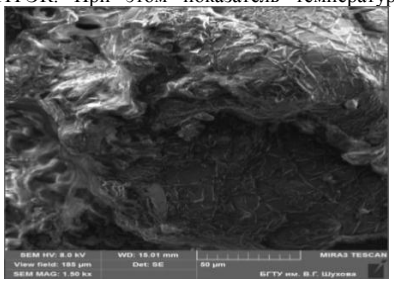
Результаты сравнительных исследований свойств полученного резинобитумного вяжущего, модифицированного 20 % крошки (с условной вязкостью 40 дмм) с нормативными требованиями к полимербитуму ПБВ 40 и резинобитумному вяжущему БИТРЭК 40/60 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатель	ПБВ40	БИТРЭК 40/60	РБВ
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25°С	40	40-60	43
при 0°С, не менее	25	Не норм.	31
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	56	58	66
3. Растяжимость, см, не менее: при 25°С	15	Не норм.	15
при 0°С, не менее	8	3	10
4. Эластичность не менее, %: при 25°С	80	Не норм.	59
при 0°С, не менее	70	30	47

Анализ данных показывает, что резинобитумное вяжущее превосходит требования нормативных документов как для полимербитумных вяжущих, так и требования к вяжущему БИТРЭК. При этом показатель температуры хрупкости не нормируется для резинобитумных вяжущих, что объясняется гетерогенностью системного сочетания резиновая крошка-битум.

Резина, в отличие от ДСТ, представляет собой сшитый полимер (рис.1).



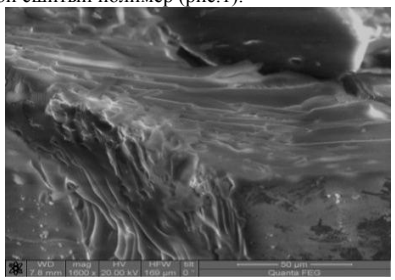


Рис. 1. Макроструктура полимербитумного (а) и резинобитумного (б) вяжущих

Связи между макромолекулами каучука и асфальтенами органического вяжущего образовывают сетчатую структуру. В результате свойства получаемого РБВ определяются и свойствами образовавшейся сетчатой структуры, которая может вытягиваться в направлении приложенной нагрузки и воспринимает ее значительную часть.

Учитывая, что при идентичном гранулометрическом составе асфальтобетона его свойства, в основном, определяются свойствами вяжущего, были проведены сравнительные исследования свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона на немодифицированном исходном битуме (БНД), полимербитуме (ПБВ) и резинобитумном вяжущем (РБВ) по основным характеристикам, определяющим их надежную работу в широком диапазоне эксплуатационных температур.

Теплостойкость характеризовалась:

для вяжущих – характеристиками температуры размягчения, а для РБВ (дополнительно) температурой нормальной работы битума в жаркий период по методике «Superpave» на реометре динамического сдвига DSR, в режиме контролируемого напряжения, таблица 2;

для асфальтобетона –прочностными показателями при 20°С и 50°С, а также коэффициентами внутреннего трения и сцеплением при сдвиге, рисунки 2-3.

Показатель предела прочности при сжатии при 50°С асфальтобетона при применении РБВ на 43% и на 28% выше, чем при применении битума БНД и ПБВ соответственно. Это свидетельствует о более надежной работе асфальтобетонных покрытий с применением РБВ в условиях повышенных летних температур. Сцепление при сдвиге для ЩМА на РБВ на 100 % и 44 % превышает показатели ЩМА на исходном и полимербитуме соответственно, что позволяет прогнозировать повышенную колеестокость асфальтобетонных покрытий.

По методике Суперпейв для региона 4 ДКЗ экстремальная температура на поверхности асфальтобетонного покрытия составляет 64 ºС [1], в то время как стандартные испытания асфальтобетона, характеризующие его высокотемпературные свойства, производятся при температуре 50 ºС. При данных температурах и проводились сравнительные исследования колеестойкости щебеночно-мастичных асфальтобетонов с применением различных вяжущих (БНД, ПБВ и РБВ). Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Из представленных данных видно, что при проведении испытаний асфальтобетона типа В при температуре 50 ºС интенсивность колееобразования и глубина колеи асфальтобетона на БНД более чем в два раза выше, чем на РБВ. При повышении температуры до 64 ºС интенсивность колееобразования у асфальтобетона на РВБ меняется не значительно, а на битуме БНД возрастает практически в 4 раза и глубина колеи превышает критическую для данного прибора. При испытании щебеночно-мастичного асфальтобетона при 64 ºС интенсивность колее образования при применении резинобитумного вяжущего в десятки меньше чем, при применении не модифицированного битума.

Таблица 2

Показатель	БНД	ПБВ	РБВ	Норматив
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	50	58	67	ГОСТ 11506
Температура нормальной работы битума в жаркий период без образования колеи (без учета старения), ºС	-	-	65	регламент «Superpave»
Величина когезии, кг/см^2	9	10	14	не норм.

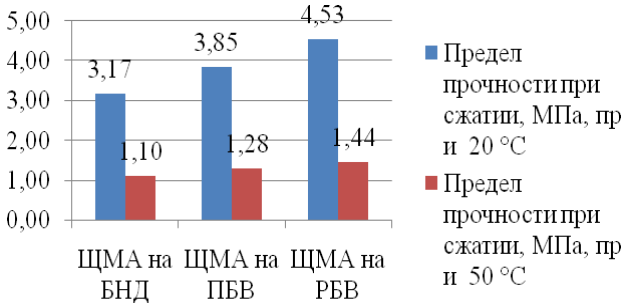


Рис. 2. Прочностные показатели ЩМА-15 на различных вяжущих

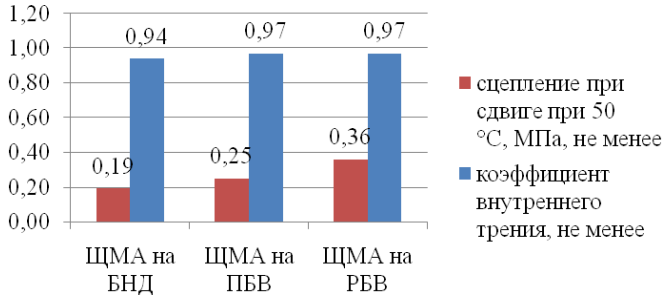


Рис. 3. Показатели внутреннего трения и сцепления при сдвиге для ЩМА-15 на различных вяжущих

Таблица 3

Тип асфальтобетона	Температура испытания и показатели колеестойкости			
	+50 оС		+64 оС	
	интенсивность нарастания колеи, мм/1000	глубина колеи, мм	интенсивность нарастания колеи, мм/1000	глубина колеи, мм
Тип В БНД	0,90	10,50	3,50	Более 16
Тип В РБВ	0,21	4,65	0,34	7,10
ЩМА БНД	0,06	3,00	2,85	Более 16
ЩМА РБВ	0,03	2,10	0,04	2,40

Установлено, что при испытании на колееобразования до 50°С основную роль в стойкости к колееобразованию асфальтобетона играет минеральный каркас, а при увеличении температуры, данное свойство все больше зависит от свойств применяемого вяжущего. При одинаковом гранулометрическом составе ЩМА на РБВ имеет гораздо большую колеестойкость, удовлетворяющую требованиям нормативных документов, а применение БНД вызывает недопустимые значения по колееобразованию уже через два года эксплуатации.

Таким образом, показано, что при производстве щебеночно-мастичного асфальтобетона с применением композиционного резинобитумного вяжущего можно отказаться от введения в состав асфальтобетона стабилизирующих добавок. Кроме того, производство такого асфальтобетона позволит получить покрытие автомобильных дорог, стойкое к появлению высокотемпературных деформаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко А.В., Духовный Г.С., Мирошниченко С.И. Резинобитумные вяжущие, основные показатели и перспективы использования // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2012. №1. С. 22–24.

Попов А. Н., канд. техн. наук, доц.,
Волков В. В., канд. физ.-мат. наук, доц.,
Хатунцев А. А., аспирант
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМАЦИИ АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ ПО КРИТЕРИЮ ПРОЧНОСТИ ДРУКЕРА-ПРАГЕРА

anton.hatun@yandex.ru

Надежность расчетов толщины покрытий зависит от правильности выбора расчетной модели основания. Общим недостатком рекомендуемых к применению моделей является игнорирование нелинейного характера поведения грунта в процессе накопления пластических деформаций. В общем случае грунт является нелинейно-деформируемым материалом, в котором зависимость между нагрузкой и осадкой площадки, передающей нагрузку, имеет криволинейное очертание. Напряженно-деформированное состояние таких материалов описывается в более сложных упруго-пластических моделях.

В ходе исследований разработана расчетная модель бетонной плиты на упруго-пластичном основании под воздействием многоколесной нагрузки, граничные условия. По результатам расчета в программном комплексе COMSOL получены изополя нормальных напряжений, деформаций, зоны пластических деформаций, показавшие хорошую сходимость с экспериментальными данными и расчетами по стандартной методике.

Ключевые слова: *упруго-пластическая модель, критерий прочности, метод конечных элементов.*

Развитие современной авиационной техники предъявляет все более высокие требования к качеству и долговечности аэродромных покрытий. Это обусловливает необходимость совершенствования методов их проектирования, строительства, ремонта и содержания.

Особенностью искусственных покрытий аэродромов является относительно большая площадь контакта с естественным грунтовым основанием, абсолютно открытая поверхность, небольшое заглубление. Правильный учет всех воздействующих на него факторов, при проектировании и во время эксплуатации, имеет важное значение в обеспечении заданной долговечности при минимальных затратах сил и средств на возведение и эксплуатационное содержание.

Базовыми положениями, которые легли в основу методов расчета аэродромных покрытий, являются [1]:

– нагрузка от колес воздушного судна (ВС) принимается статической. Учет динамического воздействия производят введением коэффициентов динамичности, определяемых участком аэродромного покрытия и давлением в пневматиках колес ВС;

– математическая модель покрытия задается как плита Кирхгофа-Лява на упругом основании при центральном (симметричном) расположении нагрузки от колес ВС. Несимметричное расположение нагрузки и способы соединения плит между собой учитываются путем введения поправочных коэффициентов;

– изменение температурных напряжений, концентрация напряжений, нарастание прочности бетона и старение органических вяжущих материалов во времени, сезонные колебания прочности грунтовых оснований и др. учитываются введением коэффициента условий работы.

Исходя из вышесказанного, в основе расчета аэродромного покрытия лежит учет совместной работы покрытия и основания. Прочность конструкции определяется сопротивлением грунтового основания нагрузкам, передающимся на него через покрытие от пневматиков колес ВС. Деформируясь, покрытие распределяет нагрузку на площадь подстилающего грунта, чем больше жесткость покрытия, тем больше площадь передачи и меньше действующее на грунт давление.

Надежность расчетов толщины покрытий зависит от правильности выбора расчетной модели основания. В результате анализа вариантов расчетных механических моделей грунтового основания для практического применения могут быть приняты три расчетные модели:

– модель коэффициента постели (Винклера-Фусса);

– модель упругого полупространства;

– модель линейно-деформируемого полупространства.

В первых двух моделях грунт задается, как абсолютно упругий материал, не подверженный пластическим деформациям. В третьей модели имеют место остаточные деформации, однако истинную кривую вдавливания схематизируют, заменяя ее на отдельных участках прямой линии.

ей. Общим недостатком моделей является игнорирование нелинейного характера поведения грунта в процессе накопления пластических деформаций.

В общем случае грунт является нелинейно-деформируемым материалом, в котором зависимость между нагрузкой и осадкой площадки, передающей нагрузку, имеет криволинейное очертание. Напряженно-деформированное состояние таких материалов описывается в более сложных упруго-пластических моделях, в основе которых лежит понятие предела текучести, т.е. границы области упругого состояния, определяемой уровнем напряжений, достигаемых при повторном нагружении, после предварительной разгрузки. В пространстве главных напряжений предел текучести формирует поверхность текучести (рис. 1, *а*). Уравнение поверхности текучести принимают в зависимости от критерия прочности, по которому производят расчет

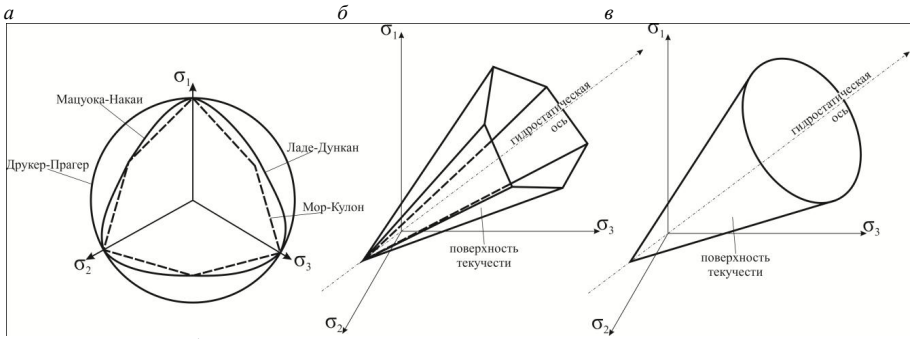


Рис. 1. Графическое изображение поверхностей текучести в осях главных напряжений:
а – сравнение поверхностей текучести в девиаторной плоскости; *б* – критерий Мора-Кулона;
в – критерий Друкера-Прагера

При аналитических исследованиях параметров упруго-пластического состояния наибольшее распространение получили критерии прочности Мора-Кулона, Друкера-Прагера, Ладе-Дункана, Мацуока-Накаи и др.

В виду простоты и приемлемой точности при описания предельно-напряженного состояния сыпучей и связной среды широко применяется критерий Мора-Кулона (рис. 1, *б*). Однако исключение из расчета главного промежуточного напряжения σ_2 (его влияния на прочность грунтов) противоречит результатам экспериментов, а наличие углов на поверхности текучести усложняет численное решение пространственных задач.

Данные недостатки исключены при расчете по критерию прочности Друкера-Прагера (рис. 1, *в*) [2]. Форма поверхности задается уравнением:

$$\sqrt{J_2}+\frac{2}{\sqrt{3}}\frac{\sin\varphi}{(3\pm\sin\varphi)}I_1-\frac{2\sqrt{3}c\cos\varphi}{(3\pm\sin\varphi)}=0\,,(1)$$

где J_2 – второй инвариант девиатора напряжений; I_1 – первый инвариант напряжений; c – удельное сцепление; φ – угол внутреннего трения.

Данный критерий игнорирует влияние инварианта J_3 (вводимого углом Лоде θ) на форму сечения. Он может рассматриваться как первая попытка аппроксимировать критерий Мора-Кулона гладкой функцией на основе инвариантов I_1 и J_2 в сочетании с двумя постоянными материала.

Условия прочности, предложенные Ладе-Дунканом и Мацуока-Накаи (рис. 1, *а*) [3], получены путем модернизации условия прочности Мора-Кулона, и в отличие от него имеют гладкую поверхность, т.е. не имеют углов. Подобное «каплеобразное» очертание поверхности текучести в девиаторной плоскости, подтверждено опытными испытаниями в стабилометре.

Из-за сложности описания аналитическим путем решено крайне ограниченное число смешанных задач и для реальных граничных условий, характерных для дорожных и аэродромных покрытий, аналитическое решение, как правило, труднодостижимо. Использование численных методов позволяет без особых усилий получать решения упруго-пластических моделей аэродромного покрытия при сколь угодно сложных граничных условиях.

Среди различных численных методов ме-

ханики сплошной среды наиболее совершенным является метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ предоставляет возможность учитывать в расчетах разнообразные и сложные свойства грунтов, а не только два показателя (*E* и ν или *c* и φ), как предшествующие методы механики грунтов. Этим самым МКЭ стимулирует развитие методов испытаний грунтов и новых теорий их прочности и деформируемости [4].

Достоинствами, обеспечивающими популярность МКЭ, являются: простота получения конкретных решений по имеющейся готовой программе; возможность сгущения сети элементов в ожидаемых местах высоких градиентов исследуемого параметра; возможность задания любых граничных условий; принципиальная возможность реализации в программах произвольных механических свойств материала, любой последовательности нагружения и т.д.

Рассмотрим последовательность решения задачи МКЭ в программном комплексе COMSOL Multiphysics 4.3b на конкретном примере – бетонная плита на упруго-пластическом основании, находящаяся под воздействием четырехколесной опоры ВС.

а *б*

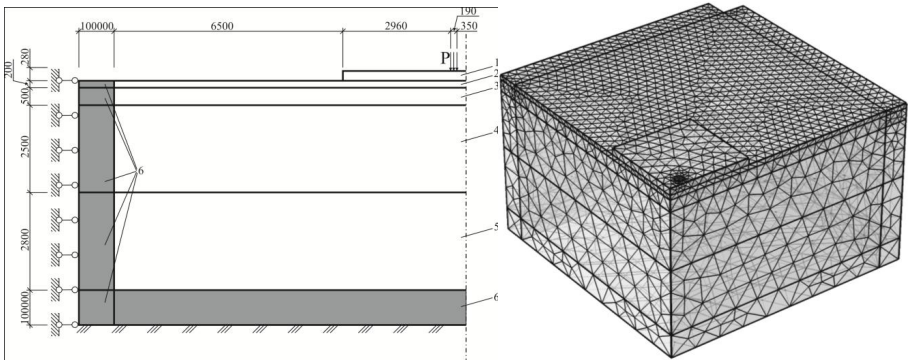


Рис. 2. Упруго-пластическая модель системы многослойное аэродромное покрытие-грунтовое основание:
а – расчетная модель; *б* – дискретизация расчетной области; *1* – монолитная плита; *2* – щебеночное основание; *3* – песок крупный; *4* – суглинок тугопластичный; *5* – суглинок полутвердый; *6* – бесконечная область

Разбивка оснований и бетонной плиты аэродромного покрытия было выполнено в условиях пространственной деформации с использованием конечных элементов в форме тетраэдра (рис. 2, *б*). Все слои искусственного и грунтового основания в расчетной области заданы с горизонтальным расположением подошвы и кровли.

Физико-механические характеристики конструктивных слоев, принятые в расчетах, представлены в табл. 1.

Была выбрана упруго-пластическая модель Друкера-Прагера с известными механическими характеристиками грунтов (модуль деформации, коэффициент Пуассона, угол внутреннего трения и удельное сцепление) [5].

Корректность расчетов во многом зависит от адекватности расчетной модели реальным условиям работы исследуемой конструкции. Глубина сжимаемой толщи грунта в зависимости от категории нормативной нагрузки в соответствии с [1] может принимать значение 2…6 м. Исходя из ожидаемого характера напряженно-деформируемого состояния грунта таким образом, чтобы влияние граничных условий на интересующие результаты – осадка покрытия и напряжения в ближайшей к плите области, сводилось к минимуму, приняты размеры области 20×20×6 м (рис. 2, *а*). Увеличение точности решения реализовано введением бесконечных областей по периметру рассматриваемой области, с физико-механическими характеристиками смежных слоев конструкции. Наличие двух осей симметрии позволяет рассматривать только четверть области.

Решение системы дифференциальных уравнений выполнялось методом итераций Ньютона-Рафсона. Сходимость решения оценивалась по узловым усилиям с точностью 0,001.

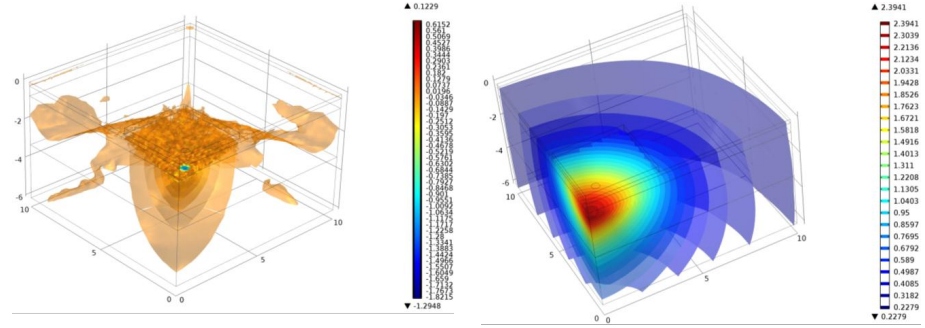
В результате расчетов многослойной аэродромной конструкции МКЭ, реализованном в программном комплексе COMSOL, получены изополя нормальных напряжений σ_z (рис. 3, *а*), деформаций (рис. 3, *б*) и зоны пластических деформаций (рис. 3, *в*).

Таблица 1

Физико-механические характеристики конструктивных слоев

№ п/п	Параметр	Бетон (класс по прочности на сжатие B25)	Щебеночное основание, уложенное способом расклинцовки	Песок крупный	Суглинок тугопластичный	Суглинок полутвердый
1.	Начальный модуль упругости на сжатие и растяжение, 10^3 МПа	30	–	–	–	–
2.	Расчетное сопротивление осевому сжатию для предельных состояний второй группы, МПа	18,5	–	–	–	–
3.	Расчетное сопротивление осевому растяжению для предельных состояний второй группы, МПа	1,6	–	–	–	–
4.	Модуль деформации, МПа	–	350	50	32	34
5.	Коэффициент Пуассона	0,2	0,2	0,25	0,35	0,35
6.	Плотность, кг/м^3	2400	1800	1760	1970	1970
7.	Удельное сцепление, кПа	–	1	2	39	47
8.	Угол внутреннего трения, град.	–	70	43	24	26

а *б*



в

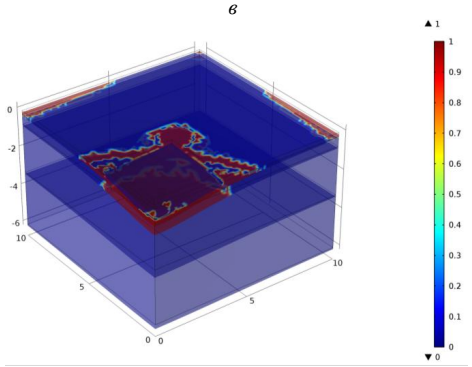


Рис. 3. Результаты расчетов в программном комплексе COMSOL:
а – изополя нормальных напряжений σ_z; *б* – изополя деформаций; *в* – зоны пластических деформаций

Данные, полученные в результате расчетов МКЭ, показали хорошую сходимость с экспериментальными данными и расчетами по стандартной методике.

В результате численных расчетов были получены данные, позволяющие использовать их при проектировании аэродромных покрытий. Показаны максимальные и минимальные значения напряжений в зонах воздействия на конструкцию, области возникновения пластических деформаций в искусственном и грунтовом основаниях, позволяющие прогнозировать деформационные процессы при многократном приложении колесной нагрузки от ВС.

На рис. 3, *а* показаны изополя нормальных напряжений σ_z. Очевидно, возникновение высокого градиента в областях переходов характеристик материалов, используемых при строительстве. Для центрально нагруженной системы плита-основание максимальное напряжение находится под опорой ВС. В тоже время изополя деформаций показывают распространение чаши прогиба далеко за пределы плиты и это обусловлено введением в модель бесконечных элементов 6 на рис. 2, *а*.

Можно отметить, что зона пластических деформаций охватывает больший диаметр, чем нагрузка от пневматика, что объясняется поведением грунтов под жесткими покрытиями при многократном воздействии.

Таким образом, в целях повышения точности моделирования напряженно-деформированного состояния аэродромных покрытий следует использовать упруго-пластическую модель по критерию прочности Друкера-Прагера. Совместное решение инвариантов, представленных в выражении (1), а также полученные численные значения в процессе моделирования с использованием МКЭ позволяют производить объемное моделирование многослойных аэродромных покрытий, включая динамическое и многократное приложение нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 121.13330.2012. Аэродромы. М.: Изд. стандартов, 2012. 100 с.

2. Drucker, D. C., Prager, W. Soil mechanics and plastic analysis for limit design // Quarterly of Applied Mathematics. 1952. No 2 P. 157–165.

3. Borja, R.I., Sama, K.M., Sanz, P.F. On the numerical integration of three-invariant elastoplastic constitutive models // Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 2003. No 192. P. 1227–1258.

4. Фадеев А. Б. Метод конечных элементов в геомеханике. М.: Изд. Недра, 1987. 221 с.

5. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. М.: Изд. ФГУП ЦПП, 2006. 48 с.

Лукаш Е. А., канд. техн. наук, доц.,
Кузнецов Д. А., канд. техн. наук, доц.,
Бабанин М. В., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ*

svh8@yandex.ru

Рассмотрена возможность модифицирования ультрафиолетовым облучением дисперсных минеральных наполнителей из техногенного сырья КМА. Определено оптимальное время воздействия ультрафиолета для каждого материала, при котором максимально увеличивается концентрация обменных центров, замедляется скорость регидратации и заметно снижается влагопоглощение. Показано, что физико-механические характеристики и долговечность асфальтобетона, приготовленного на модифицированном минеральном порошке, существенно повышаются.

Ключевые слова: *асфальтобетон, модифицирование, наполнитель, обменные центры, физико-механические характеристики, влагопоглощение.*

В настоящее время основным композиционным материалом для дорожного строительства по-прежнему является асфальтобетон. Но этот традиционный материал не всегда в полной мере обеспечивает требуемую надежность и долговечность дорожных конструкций. В связи с этим возникает острая проблема, обусловленная необходимостью совершенствования существующих материалов и технологий с учетом современных требований и новых задач. Одним из направлений решения данной проблемы является регулирование технологических и строительно-технических свойств композитов за счет увеличения структурообразующей способности дисперсных компонентов – минеральных порошков, которые являются основными элементами структуры на микро- и мезоуровнях.

При использовании минеральных порошков на первые позиции выходят их поверхностные свойства, которые могут значительно отличаться от характеристик в объеме. Для таких материалов необходимо знать природу и состояние поверхности, которая играет определяющую роль в процессах структурообразования, а, следовательно, оказывает влияние на физико-механические характеристики композиционного материала. Особенно актуальным это становится в связи с возникшей потребностью в производстве минеральных порошков из местного сырья и отходов промышленности [1, 2].

Анализ состояния поверхности дисперсных материалов и механизмов контактных взаимодействий в наполненных композиционных строительных материалах позволяет наметить пути модифицирования минеральных порошков с целью усиления их адгезии к связующему и повышения структурообразующей роли, одним из которых является ультрафиолетовое (УФ) облучение. В работе [3] указано, что под действием ультрафиолетового облучения происходит изменение состояния поверхности кремнезема, в результате чего образуются свободные валентности, играющие роль новых активных центров адсорбции. Это нашло подтверждение в работах [4, 5].

Кроме того, установлено [6], что активные адсорбционные центры оказывают значительное влияние и на взаимодействие минеральных материалов с органическим вяжущим. Автором сделан вывод о том, что необходимым условием обеспечения прочных адгезионных контактов между органическим вяжущим и минеральными материалами является наличие на поверхности последних активных центров, способных адсорбировать практически все органические соединения, содержащиеся в битуме.

Целью данной работы явилось исследование влияния ультрафиолетового излучения на свойства минеральных порошков и асфальтобетона на их основе. В качестве минеральных порошков использовались материалы с удельной поверхностью около 350 $м^2/кг$: кварцитопесчаник Лебединского ГОКа Курской магнитной аномалии, отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС), шлак Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК), а также песок Нижнеольшанского месторождения для сравнения. Источником УФ-излучения служили кварцевая лампа Q-139. Минеральный порошок тонким слоем располагался на расстоянии 0,3 м от кварцевой лампы и при периодическом перемешивании подвергался облучению.

Анализ результатов, представленных в таблице 1, показал, что зависимость концентрации обменных центров от времени облучения для всех материалов носит экстремальный характер с максимумами при времени облучения 10 – 12 минут для кварцитопесчаника, 12 – 15 минут – для отходов ММС, 7 – 10 минут – для песка и

15 минут – для шлака ОЭМК. Необходимо отметить, что обменная емкость всех исследуемых наполнителей при оптимальном времени облучения увеличивается более чем на 100 % по сравнению с исходными материалами. Это происходит, по-видимому, из-за частичной дегидратации поверхности наполнителей, что приводит к увеличению количества изолированных гидроксильных групп на ней и повышению реакционной способности.

Таблица 1

Зависимость обменной емкости наполнителей от времени УФ-облучения

Наполнитель	Обменная емкость, мк-экв/г при времени облучения, мин.							
	0	3	5	7	10	12	15	20
Кварцитопесчаник	14,1	19,0	23,7	27,0	29,8	30,2	29,1	26,9
Отход ММС	15,2	19,6	22,9	25,9	28,5	29,5	29,4	27,2
Кварцевый песок	9,8	13,7	18,4	20,8	20,9	19,5	18,3	16,3
Шлак ОЭМК	6,4	8,6	9,9	11,0	12,1	12,6	12,8	12,3

При этом, помимо увеличения реакционной способности поверхности наполнителей, происходит ее гидрофобизация, что заметно снижает влагопоглощение по сравнению с необработанными материалами (таблица 2). Максимальные значения характеризуют наибольшее снижение влагопоглощения наполнителей при оптимальном времени УФ-облучения относительно необработанных. Так, максимальное снижение влагопоглощения наблюдается у наполнителя из песка и составляет 70 %; для кварцитопесчаника снижение влагопоглощения равно 52 %, отхода ММС – 47 %, и наименьшим относительным изменением влагопоглощения обладает минеральный порошок из шлака ОЭМК – 35 %.

Таблица 2

Влияние УФ-облучения наполнителей на их влагопоглощение

Наполнитель	Относительное снижение влагопоглощения, % при времени облучения, мин.							
	0	3	5	7	10	12	15	20
Кварцитопесчаник	0	8,6	23,8	37,3	50,1	52	48,5	47,1
Отход ММС	0	10,1	19,3	29,1	38	47	46	43,4
Кварцевый песок	0	23	44,5	68,1	70	67,8	66,7	63
Шлак ОЭМК	0	5	12,5	17,3	25,8	30,9	35	34,3

Такой эффект снижения влагопоглощения можно объяснить тем, что под действием ультрафиолетовых лучей поверхность минеральных материалов дегидратируется, при этом ослабевают связи ОН-групп с тетраэдрами SiO_2, что способствует ускорению процесса дегидроксилирования поверхности при оптимальном времени воздействия УФ-облучения. Поскольку максимальное увеличение концентрации обменных центров и минимальное влагопоглощение поверхности при УФ-облучении совпадают по времени, можно предположить, что адсорбция воды после модифицирования происходит не на дегидратированных участках поверхности минеральных порошков, а только на группах SiOH по механизму образования водородных связей [7].

Для проверки гипотезы относительно положительного влияния УФ-облучения дисперсных материалов на усиление их адгезии к органическому вяжущему было определено сцепление битума с неактивированными и активированными при оптимальном времени обработки минеральными порошками весовым методом и проведено сопоставление полученных показателей с величинами обменной емкости и влагопоглощения.

Полученные результаты (таблица 3), показывают, что все исследуемые минеральные порошки, модифицированные при оптимальном времени обработки, обеспечивают гораздо лучшее сцепление с битумом, по сравнению с порошками в неактивированном состоянии. При этом наибольшую площадь поверхности, покрытую битумом, имеют минеральные порошки из кварцитопесчаника (94 %) и отходов ММС (90 %), наименьшую – минеральный порошок из шлака ОЭМК (58 %). Адгезия битума к кварцевому песку на 25% меньше, чем к кварцитопесчанику, несмотря на одинаковый химический и минералогический состав, а также самое низкое влагопоглощение (0,51 %), что связано с меньшим количеством активных адсорбционных центров, присутствующих на поверхности кварцевого песка. Следует отметить, что при одинаковом процентном увеличении обменной емкости после УФ-облучения (в среднем на 100%) для всех материалов наблюдается одинаковое

процентное увеличение сцепления (31-32 %). Исключение составляет шлак ОЭМК, сцепление которого с битумом вследствие повышенного влагопоглощения возросло на 2 4%.

Таблица 3

Влияние УФ-облучения наполнителей на их влагопоглощение

Наполнитель	Обменная емкость, мк-экв/г		Сцепление, %		Влагопоглощение, %	
	до активации	после активации	до активации	после активации	до активации	после активации
Кварцитопесчаник	14,1	30,2	62	94	1,29	0,63
Отход ММС	15,2	29,5	58	90	1,41	0,76
Кварцевый песок	9,8	20,9	38	69	1,69	0,51
Шлак ОЭМК	6,5	12,8	34	58	2,96	1,92

Влагопоглощение необработанного кварцевого песка на 30 % выше, чем кварцитопесчаника. Это подтверждают установленные с помощью ИК-спектроскопии результаты по различному состоянию адсорбированной воды и ее фрагментов на поверхности двух разновидностей кварца [4]. По-видимому, адсорбция воды происходит не на изолированных гидроксильных группах, а на ранее адсорбированных молекулах воды, которых на поверхности песка значительно больше.

Установленный характер изменения адсорбционной способности и гидрофобизации дисперсных материалов в результате УФ-обработки, в определенной степени, должен быть связан с битумоемкостью минеральных порошков.

Таблица 4

Влияние УФ-облучения наполнителей на их битумоемкость

Применяемый минеральный порошок	Битумоемкость, г/100 см^3	
	минеральный порошок исходный	минеральный порошок активированный
Кварцитопесчаник	55,2	47,6
Отход ММС	56,8	49,4
Кварцевый песок	59,7	52,9
Шлак ОЭМК	67,5	61,4

Как показывают результаты исследований (таблица 4), битумоемкость минеральных порошков, активированных при оптимальном времени УФ-облучения, снижается на 9 – 13,8 %, что объясняется гидрофобизацией поверхности наполнителей в результате обработки. При этом наименьшей битумоемкостью обладает активированный минеральный порошок из кварцитопесчаника – 47,6 г, наибольшей – минеральный порошок из шлака ОЭМК – 61,4 г. Исходя из полученных данных, можно предположить, что оптимальное содержание битума в смесях на активированных минеральных порошках будет меньше по сравнению со смесями на немодифицированных порошках.

Для исследования влияния УФ-обработки минеральных порошков на физико-механические характеристики асфальтобетона были изготовлены и испытаны по стандартным методикам образцы из асфальтобетонной смеси типа Г, что обусловлено решающим влиянием свойств дисперсного материала на качество композита. Следует отметить, что в зависимости от вида применяемого минерального порошка, а также с учетом его активации для каждой смеси индивидуально подбиралось содержание битума. Это позволило установить, что использование модифицированных минеральных порошков в составе асфальтобетонных смесей позволяет на 8-10% уменьшить расход битума.

Физико-механические характеристики асфальтобетона, приготовленного на обработанных ультрафиолетом минеральных порошках, существенно повышаются (таблица 5). Наблюдается значительное увеличение пределов прочности при сжатии при +20 ºС и при +50 ºС. Так, при температуре испытания +20 ºС, максимальное увеличение прочности наблюдается у образцов с активированным минеральным порошком из кварцитопесчаника – 30,6 %, для отходов ММС оно составляет 28,9 %, для минеральных порошков из кварцевого песка и шлака ОЭМК – 25,9 % и 23,8 % соответственно.

Снижение показателей водонасыщения, а также увеличение водостойкости образцов асфальтобетона, свидетельствуют о том, что плёнки битума на поверхности минерального материала отличаются высокой устойчивостью к отслаиванию при воздействии агрессивной среды. Это препятствует глубокому проникновению воды в поры и капилляры материала, а также диффузии воды под битумную плёнку, опасную

тем, что после этого сорбированные молекулы воды могут легко мигрировать по поверхностям, вновь образующимся в деформированном материале, что приводит к его разрушению.

Таблица 5

Физико-механические характеристики асфальтобетона

Наименование показателя	Требования по ГОСТ	Минеральный порошок							
		Кварцитопесчаник		Отход ММС		Песок		Шлак ОЭМК	
		исх.	модиф.	исх.	модиф.	исх.	модиф.	исх.	модиф.
Водонасыщение, %	1,50 – 4,00	1,67	1,51	1,69	1,54	2,20	2,05	2,60	2,46
Предел прочности при сжатии, МПа:									
- при 20 ºС	>2,20	4,90	6,40	4,83	6,23	4,63	5,83	4,50	5,57
- при 50 ºС	>1,20	3,10	3,90	2,93	3,63	2,70	3,34	2,40	2,87
- при 0 ºС	<12,0	11,20	10,80	11,33	10,87	11,47	11,03	11,67	11,43
Водостойкость	>0,85	0,92	0,96	0,91	0,96	0,88	0,93	0,85	0,90
Водостойкость при длительном водонасыщении	>0,75	0,83	0,88	0,82	0,87	0,76	0,81	0,75	0,82

Следует обратить внимание на изменение прочности при сжатии асфальтобетона при температуре +50 ºС, которая характеризует работоспособность асфальтобетона в летний период, когда температура покрытия имеет максимальное значение, а вязкость битума при этом минимальная. Так, при температуре испытания +50 ºС, максимальное увеличение прочности наблюдается у образцов с активированным минеральным порошком из кварцитопесчаника – 25,8%, для отходов ММС оно составляет 23,9 %, для минеральных порошков из кварцевого песка и шлака ОЭМК – 23,3 % и 19,5 % соответственно.

Вышесказанное можно отнести и к испытаниям асфальтобетона на прочность при сжатии при 0ºС. По этим результатам можно судить, как будет вести себя асфальтобетон при переходе битума из упруго-пластичного в твердое состояние, при котором проявляется такое свойство битума как хрупкость.

Таким образом, на основе результатов проведенных исследований, можно заключить, что УФ-облучение при оптимальных параметрах воздействия положительно влияет на свойства минеральных порошков, что значительно улучшает физико-механические характеристики и долговечность асфальтобетона с их использованием.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Особенности свойств поверхности кислых минеральных материалов для асфальтобетонных смесей / А.М. Гридчин, В.В. Ядыкина, Д.А. Кузнецов, М.А. Высоцкая, А.В. Кузнецов // Строительные материалы. 2007. №8. С. 56–57.

2. Анализ органо-минеральных композитов с учетом генезиса и размерных уровней минерального сырья / В.В. Строкова, И.В. Жерновский, А.О. Лютенко, М.С. Лебедев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 30–33.

3. Киселёв В.Ф., Крылов О.В. Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков. М.: Наука, 1978. 255 с.

4. Гладких Ю.П., Ядыкина В.В., Завражина В.И. Влияние УФ-облучения на физико-химическую активность кварцевого песка и процессы формирования цементопесчаного бетона // Коллоидный журнал. 1989. Т. 51. №3. С. 445–450.

5. Yadykina V., Gridchin A., Lukash E. Increasing of concrets efficiency by modifying of extenders surface / Ibausil: 17 Internationale Baustofftagung. Weimar, 2009. B. 2. S. 517–522.

6. Ядыкина В.В. Влияние активных поверхностных центров кремнеземсодержащих минеральных компонентов на взаимодействие с битумом // Известия вузов. Строительство. 2003. №9. С. 75–79.

7. Айлер Р. Химия кремнезема. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Ч.2. 712 с.

Высоцкая М. А., канд. техн. наук, доц.,
Фёдоров М. Ю., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

roruri@rambler.ru

В работе обоснована возможность использования цеолитсодержащего туфа в качестве эффективной минеральной основы для получения наномодифицированного наполнителя для органоминеральных композитов. На основе полимера типа СБС и углеродных одностенных нанотрубок предложен состав полимерной наноармированной матрицы, которая используется в качестве модификатора в процессе объединения с минеральной подложкой из цеолитсодержащей породы.

Ключевые слова: *цеолитсодержащий туф, наномодифицированный наполнитель, асфальтобетон.*

Основным материалом, применяемым при строительстве новых и реконструкции существующих покрытий автомобильных дорог, в настоящее время является асфальтобетон. Накоплен большой производственный опыт его изготовления, укладки и последующей эксплуатации и ремонта. Вместе с тем, основной недостаток асфальтобетона напрямую связан с зависимостью реологических и физико-механических свойств битума от температуры окружающей среды. Проблему обостряет общее снижение качества производимых в России нефтяных дорожных битумов, отсутствие во многих регионах кондиционного минерального сырья, а также широкий спектр климатических условий. Поэтому при эксплуатации покрытий из асфальтобетонных смесей в условиях знакопеременных температур и агрессивного воздействия воды всё чаще можно наблюдать образование сезонных пластических и коррозионных дефектов, а также температурных трещин и шелушений, способствующих преждевременному выкрашиванию материала покрытия и его разрушению.

В настоящее время отрасль нанотехнологий предоставляет широкий спектр модификаторов и способов модификации для повышения качества композиционных материалов в заданном направлении [1]. Также альтернативным способом, сочетающим в себе как увеличение рабочего температурного интервала вяжущего, так и тепло-, трещиностойкости асфальтобетона, может выступать использование в технологии приготовления асфальтобетонных смесей пористых дисперсных материалов, выполняющих роль активного структурирующего наполнителя [2-3]. Поэтому представляло интерес совмещение этих технологических приёмов для разработки наномодифицированного агента, позволяющего управлять показателями свойств асфальтобетона.

В качестве объектов исследования были выбраны следующие пористые наполнители: керамзит, перлит, цеолит, отличающиеся от традиционного сырья повышенной пористостью. Так, у минерального порошка из известняка этот показатель составляет 28 %, перлита и керамзита – 39 % и цеолита – 55 %.

На основании комплекса исследований, выполненных ранее [4], было установлено, что из рассматриваемых пористых порошков для получения композиций на органическом вяжущем наиболее эффективным является цеолитсодержащий туф.

Для сравнительного анализа и оценки работоспособности рассматриваемых наполнителей в составе асфальтобетона, были подобраны и приготовлены образцы асфальтобетона типа Б. Показатели свойств дорожного композита, приготовленного с использованием различных пористых порошков, представлены на рис. 1.

Известно, что микроструктура и свойства композита непосредственно связаны между собой. Поэтому закономерности, полученные при исследовании асфальтовяжущих, должны отразиться и на асфальтобетоне, что нашло подтверждение при постановке эксперимента.

Использование керамзитового наполнителя в составе асфальтобетонных смесей, как и было установлено ранее, при оценке асфальтовяжущего [4], не оказывает положительного влияния на качество асфальтобетона.

Прочностные характеристики образцов асфальтобетона на пористых наполнителях из перлита и цеолита (рис. 1), как и предполагалось, не уступают показателям на известняке, а при температурах испытания 0 и 50 °С превосходят на 10-20 и 12-30 % соответственно.

На данном этапе исследований можно заключить, что перлит может использоваться как альтернативный минеральный порошок в технологии приготовления асфальтобетонных смесей, что также было подтверждено работой, выполненной ранее [5]. Однако у данного сырья суще-

ствует ряд особенностей, которые технологически затрудняют его применение.

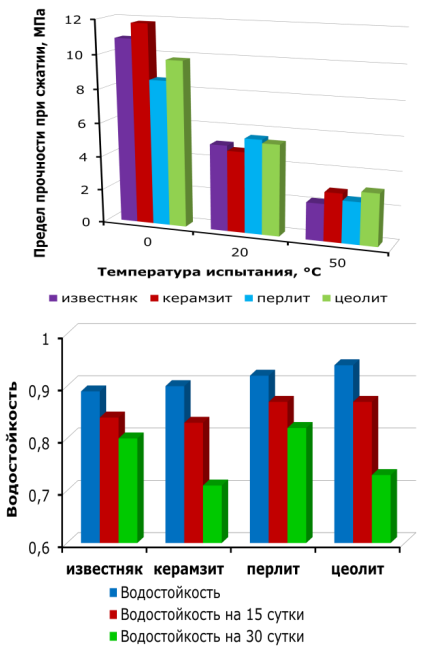


Рис. 1. Показатели свойств асфальтобетона типа Б

Наполнители на основе цеолита могут эффективно работать в составе асфальтобетонов, однако в условиях длительного увлажнения наблюдается стремительное снижение его характеристик. Так на 30 сутки эксперимента водостойкость композита понизилась на 22 %, при этом величина водонасыщения и набухания составили 12,8 и 4,5 % соответственно.

На основании литературных данных известно, что одной из наиболее перспективных методик повышения качества композиционных материалов является их модификация на наноразмерном уровне, а наиболее актуальным методом повышения коррозионной стойкости является использование модифицированных битумов или минеральных порошков.

Анализ передовых мировых разработок [6-7], а также комплекс исследований выполненных ранее [4-5] легли в основу теоретических предпосылок по модификации цеолита. В пользу его использования как основы для синтеза наномодифицированного агента для асфальтобетонных смесей говорит наличие трёхмерного алюмосиликатного каркаса, образующего системы полостей и каналов. Лишенный воды цеолит представляет собой микропористую кристаллическую «губку», объём пор в которой составляет до 50 % объёма каркаса цеолита и имеет диаметр входных отверстий от 0,3 до 1 нм.

Таким образом, было предположено, что в результате интенсивного совместного измельчения цеолитсодержащей породы и полимерного компонента, разрыхлённая высоко аморфизированная пористая структура поверхностного слоя частиц порошка будет выступать эффективным адгезивом для распределения и закрепления на поверхности и в объёме полимерного наномодифицированного компонента.

Предложенная технология, за счёт последовательного многостадийного распределения нанообъектов и их носителей на поверхности и в структуре цеолита, позволяет синтезировать гибридный цеолитовый наполнитель. Было установлено, что в процессе модификации изменяются архитектура пор, а также морфология поверхности частиц цолитсодержащего туфа (рис. 2).

Очевидно, это происходит за счёт кольматации порового пространства полимерным компонентом, в результате наполнитель гидрофобизуется, что подтверждается результатами, полученными методом адсорбции азота (рис. 3). Как видно, изменяется не только диаметр пор, но и их распределения в объеме.

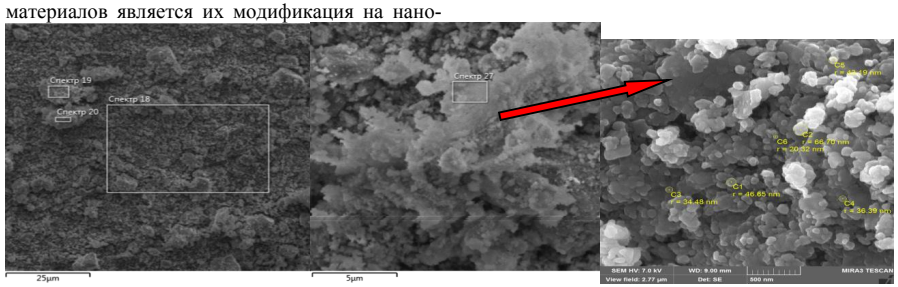


Рис. 2. Морфология поверхности модифицированного цеолита

а) б)

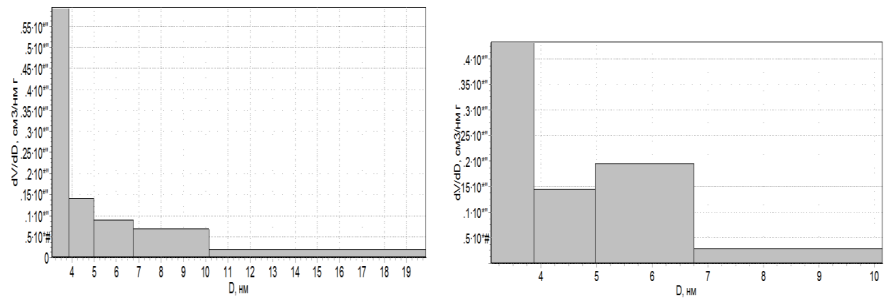


Рис. 3. Распределение пор исходного (а) и модифицированного (б) цеолита

В процессе модификации адсорбция углеводородов битума на поверхности гибридного порошка протекает интенсивнее, чем на традиционном известняке, о чем свидетельствует минимальное содержание ароматических и нафтеновых соединений, метильных, метиленовых и карбонильных групп в битуме после взаимодействия, а также согласуется с результатами адсорбции-десорбции битума из бензольных растворов.

Для оценки эффективности влияния наномодифицированного наполнителя на конечные свойства композита, была подобрана асфальтобетонная смесь типа Б. В соответствии с предложенной технологией приготовления смеси, дисперсная составляющая вводилась в 2 этапа. Первоначально подавался гибридный модифицированный наполнитель на поверхность разогретого до технологической температуры минерального материала. Производилось «сухое» перемешивание. Затем, с небольшой задержкой поступал известняк. Дальнейший процесс приготовления асфальтобетонной смеси протекал по традиционной схеме.

Выбор соотношения наномодифицированный агент/минеральный порошок (табл. 1) осуществлялся на основании вычисления обобщённого критерия качества по методике [8], по совокупности физико-механических показателей образцов асфальтобетона, а также исходя из технологической и экономической целесообразности.

Таблица 1

Исходные данные для расчёта обобщённого критерия качества

Наименование показателя	Требования ГОСТ	Соотношение наномодифицированного агента и традиционного минерального наполнителя, %						
		100	80/20	70/30	60/40	50/50	40/60	30/70
		Условные номера составов						
		1	2	3	4	5	6	7
Предел прочности при сжатии, МПа, при 0 °С	не более 12	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0	7,5	8,1
20 °С	не менее 2,2	6,1	5,7	5,7	5,0	4,9	4,9	4,8
50 °С	не менее 1,0	4,2	4,0	3,5	3,5	3,35	2,7	2,4
Водонасыщение, %	1,5-4,0	0,90	0,94	1,03	1,20	1,30	1,34	2,05
Набухание, %	не более 1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09
Длительная водостойкость	не менее 0,75	1,15	1,10	1,10	1,03	1,01	0,91	0,87

Очевидно, что наноструктурированный агент оказывает значительное влияние на проч-

ностные характеристики асфальтобетона в широком диапазоне температур. Так, например, асфальтобетон, полученный по предлагаемой методике, характеризуется улучшением прочностных показателей при 0 и 50 °С на 32 и 40 % соответственно относительно контрольной серии на известняке. Однако, наиболее ярко выраженный эффект проявляется при исследовании водостойкости композита. Водостойкость композита при использовании в технологии приготовления асфальтобетонной смеси наномодифицированного наполнителя на основе цеолитсодержащего туфа возрастает относительно своих первоначальных показателей.

При этом стоит отметить снижение показателей водонасыщения и набухания. Очевидно, повышение водостойкости исследуемого материала связанно с формированием его оптимальной структуры при взаимодействии вяжущего со структурирующим компонентом асфальтобетонной смеси – минеральным порошком. При этом, образуется сложно структурированный сольватный слой, характеризующийся плотным и упорядоченным расположением структурных элементов.

В соответствии с рис. 4 уменьшение содержания наномодифицированного наполнителя в составе асфальтобетона способствует снижению обобщённого критерия качества. При соотношении дисперсных наполнителей в составе композита один к одному наблюдается резкий перегиб, сопровождающийся потерей эффективных свойств асфальтобетона, и в первую очередь водостойкости. На основании этого данное соотношение было принято за рациональное.

Рис. 4. Обобщённый критерий качества

По полученным данным, можно заключить, что разработанный наномодифицированный наполнитель на основе цеолитсодержащего туфа и асфальтобетон на его основе обладают высокими показателями свойств по сравнению с составами на традиционном минеральном порошке.

Выводы: Установлен синергизм совместного действия минеральной подложки из цеолитсодержащего туфа и полимерного наномодифицированного компонента, связанный с особенностями архитектуры пор наполнителя, заключающейся в нормированном размере входных окон пор, а также их упорядоченном расположении.

Разработаны принципы повышения эффективности асфальтобетона путём целенаправленного регулирования процессов структурообразования на границе раздела фаз за счёт внедрения в технологию приготовления композита наномодифицированного агента пролонгированного действия, полученного при совместном помоле цеолитсодержащего туфа и наномодифицированного полимерного компонента. В результате на поверхности зёрен щебня асфальтобетона образуется сложно-структурированная матричная система, оказывающая микроармирующее действие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бикбау М.Я. Нано-, микро- и макрокапсуляция – новые направления получения композиционных материалов и изделий с заданными свойствами // В сб.: «Цемент. Бетон. Сухие строительные смеси». Международный аналитический обозреватель «Alitinform». – СПб: Изд-во «Alitinform», 2009. № 6(12). С. 62–69.

2. Борисенко Ю.Г., Солдатов А.А., Яшин С.О.Битумно-минеральные композиции, модифицированные высокодисперсными отсевами дробления керамзита // Строительные материалы. 2009. № 1. С. 62-63.

3. Удивительный шунгит / М.А. Высоцкая, С.Ю. Русина, и др. // Сборник научных трудов Института строительства и архитектуры МГСУ: научные труды Международной молодёжной конференции «Оценка рисков и безопасность в строительстве. Новое качество и надёжность строительных материалов и конструкций на основе высоких технологий» (26-28 сентября 2012). М.: Изд-во МГСУ, 2012. Вып. 4. С. 18-20.

4. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Фёдоров М.Ю. Дорожные композиты на основе дисперсных пористых наполнителей // сб. материалов научно-технической конференции «Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений», посвящённой 50-летию республиканского дочернего унитарного предприятия «БелдорНИИ» (25-26 октября 2012). Минск, 2012. С. 62-65.

5. Коротаев А.П. Повышение качества асфальтобетона за счет использования пористого минерального порошка : Дис. … канд. техн. наук. Белгород, 2009. 161 с.

6. Georgiev D., Bogdanov B., Angelova K., Markovska I., Hristov Y. Synthetic zeolites – structure, classification, current trends in zeolite synthesis. Review // "Economics and Society development on the Base of Knowledge": International Science conference, 4–5 June 2009, Stara Zagora, Bulgaria. – Vol. VII: Technical studies.

7. Valcke E., Engels B., Cremers A. “The use of zeolites as amendments in radiocaesium- and radiostrontium-contaminated soils: A soil-chemical approach. Part II: Sr-Ca exchange in clinoptilolite, mordenite and zeolite A”. Zeolites.Vol. 18. 1997. pp. 212–217.

8. Королев,Е.В., Чевычалов А.А. Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии // Нанотехнологии в строительстве. 2012. №2. С. 25-31.

Меркулов С. И., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,
Татаренков А. И., канд. техн. наук, доц.
Курский государственный университет

ОЦЕНКА РЕЗЕРВА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

mersi.dom@yandex.ru

Приведена методика оценки резерва несущей способности железобетонных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений с учетом режима эксплуатации и технологических воздействий.

Ключевые слова: *железобетон, конструкции, эксплуатация, несущая способность, коррозионное повреждение.*

Теория железобетона должна с единых позиций описывать напряженно-деформированное состояние и оценивать резервы несущей способности конструкций на всех этапах жизненного цикла здания или сооружения на принципах количественного учета силовых и временных факторов. Основные предпосылки расчета эксплуатируемых железобетонных конструкций и оценки их конструктивной безопасности сформулированы в [1].

Силовое сопротивление сечения, подверженного коррозии, будет определяться глубиной повреждения бетона. Поставленная задача решена с учетом принятых предпосылок:

– интенсивность агрессивного воздействия среды на конструкцию принимается неизменной во времени;

– силовое сопротивление сечения восстанавливается по мере удаления рассматриваемого слоя от поверхности контакта конструкции с агрессивной средой или от слоя, полностью потерявшего силовое сопротивление;

– количественная оценка коррозионных повреждений принята на основе предложений В.М. Бондаренко [2] с использованием энтропийной модели Гульдберга-Вааге с изменением прочностных и деформативных характеристик;

– степень коррозионного повреждения арматуры оценивается снижением площади поперечного сечения.

Зависимость между напряжениями и деформациями выражается так:

$$\varepsilon(t)\cdot f[\varepsilon(t)]=\sigma(t)\cdot\left[\frac{1}{E^0_{\text{м}}(t)}+A(t,t_0)\right], \qquad (1)$$

где $\varepsilon(t)\cdot f[\varepsilon(t)]=\kappa\cdot e^{m(t)\varepsilon(t)}$,

откуда

$$\sigma(t)=\frac{k\cdot\varepsilon(t)\cdot e^{m(t)\varepsilon(t)}}{\frac{1}{E^0_{\text{м}}(t)}+A(t_0,t)} \qquad (2)$$

В соответствии с [2] секущий временный модуль деформаций

$$E_{\text{вр}}(t)=\frac{\sigma(t)}{\varepsilon(t)}=\frac{k\cdot e^{m\varepsilon(t)}}{\frac{1}{E^0_{\text{м}}(t)}+A(t_0,t)}. \qquad (3)$$

Выражение (2) позволяет с единых методологических позиций описать диаграмму «напряжения-деформации» для бетона при всех режимах нагружения.

Принимаем связь между напряжениями σ_s и деформациями ε_s арматурных стержней без физической площадки текучести при одноосном растяжении в виде:

$$\varepsilon_s=\frac{\sigma_s}{E_s\nu_s} \qquad (4)$$

где ν_s – коэффициент изменения секущего модуля.

$$\nu_0=1,\quad \sigma_s=\sigma_{s,u},\ \hat{\varepsilon}_s=\varepsilon_{s,u}, \qquad (5)$$

$$\hat{\nu}_s=\frac{\hat{\sigma}_s}{E_s\,\hat{\varepsilon}_s} \qquad (6)$$

где σ_s – напряжения при разрыве; ε_{su} – относительные удлинения при разрыве; η – уровень напряжений; при $\sigma_s<\sigma_{s,el}$ η=0, при $\sigma_s>\sigma_{s,el}$

$$\eta=\frac{\left(\sigma_s-\sigma_{s,el}\right)}{\left(\hat{\sigma}_s-\sigma_{s,el}\right)}. \qquad (7)$$

Рассмотрен железобетонный элемент произвольной формы сечения с вертикальной осью. Для получения разрешающих уравнений рассмотрим наиболее общий случай напряженного состояния – внецентренное сжатие, частным случаем которого является изгиб. Предполагается также, что ось нулевых напряжений нормального сечения элемента совпадает с осью нулевых деформаций.

Определим напряженно-деформированное состояние и оценим несущую способность поврежденного коррозией железобетонного стержня. Рассматриваемый элемент загружен силой $N_{\text{н}}$, приложенной с эксцентриситетом $e_{\text{н}}$. На рисунке 1 представлены возможные случаи распределения напряжений и деформаций в сечении элемента. Первый случай характерен для элементов с малыми эксцентриситетами приложения внешней нагрузки, в остальных случаях эксцентриситеты постоянно увеличиваются, что влечет увеличение растянутой зоны бетона.

Внешняя сила, действующая на рассматриваемый элемент, воспринимается неповрежденным бетоном (N_b, M_b), бетоном, который подвержен влиянию агрессивной среды (N_{cr}, M_{cr}), и сжатой и растянутой (менее сжатой) арматурой (N_{sc}, M_{sc} и N_s, M_s).

Главный вектор и главный момент для поврежденного коррозией железобетонного стержня определяются выражениями:

$$N=\int_{F_b}\sigma_b(t_0,t)dF+\int_{F_{cr}}\sigma_{cr}(t_0,t)dF+\sum_{k=1}^{i}\sigma_{sc,i}(t_0,t)A_{sc,i}+\sum_{k=1}^{i}\sigma_{si}(t_0,t)A_{si}; \qquad (8)$$

$$M=\int_{F_b}\sigma_b(t_0,t)(y_b)dF+\int_{F_{cr}}\sigma_{cr}(t_0,t)(y_{cr})dF+\sum_{k=1}^{i}\sigma_{sc,i}(t_0,t)A_{sc,i}(y_{sc,i})+$$
$$+\sum_{k=1}^{i}\sigma_{s,i}(t_0,t)A_{s,i}(y_{s,i}). \qquad (9)$$

Проинтегрировав уравнения (8) и (9) для случая I распределения напряжений и деформаций в элементе (рис.), получим следующие выражения:

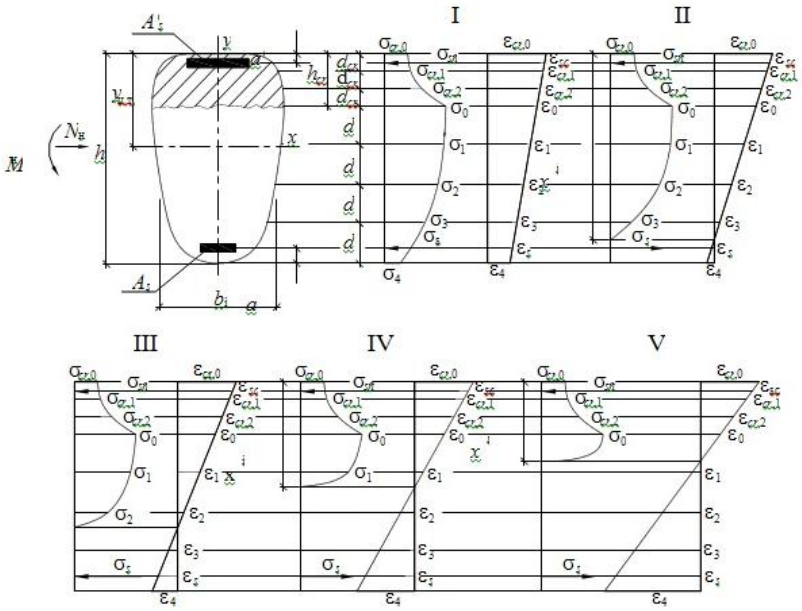


Рис. 1. Распределение напряжений и деформаций в сечении железобетонного внецентренно сжатого элемента, подверженного воздействию коррозии.

$$N = \frac{b_{cp}h_{cr}}{6}\left(\sigma_{cr,0} + 2\sigma_{cr,1} + 2\sigma_{cr,2} + \sigma_0\right) + \frac{b_{cp}(h-h_{cr})}{8}(\sigma_0 + 2\sigma_1 + 2\sigma_2 + \\ + 2\sigma_3 + \sigma_4) + \left[\varepsilon_{cr,0} - \frac{a'}{h}\left(\varepsilon_{cr,0} - \varepsilon_4\right)\right]E_{sc}A'_s\omega_{cr}k_{cr} + \left[\left(\varepsilon_{cr,0} + \varepsilon_4\right)\frac{a}{h} - \varepsilon_4\right]E_sA_s; \quad (10)$$

$$M = \frac{b_{cp}h_{cr}}{6}\left(\sigma_{cr,0} + 2\sigma_{cr,1} + 2\sigma_{cr,2} + \sigma_0\right)\left(y_{\text{ц.т.}} - \frac{h_{cr}}{9}\frac{\sigma_{cr,0} + 6\sigma_{cr,1} + 12\sigma_{cr,2} + 8\sigma_0}{\sigma_{cr,0} + 2\sigma_{cr,1} + 2\sigma_{cr,2} + \sigma_0}\right) - \\ - \frac{b_{cp}(h-h_{cr})}{8}\left(\sigma_0 + 2\sigma_1 + 2\sigma_2 + 2\sigma_3 + \sigma_4\right)\left(h - y_{\text{ц.т.}} - \frac{(h-h_{cr})}{12}\times\right. \quad (11)$$

$$\left.\times\frac{11\sigma_0 + 18\sigma_1 + 12\sigma_2 + 6\sigma_3 + \sigma_4}{\sigma_0 + 2\sigma_1 + 2\sigma_2 + 2\sigma_3 + \sigma_4}\right) + \left[\varepsilon_{cr,0} - \frac{a'}{h}\left(\varepsilon_{cr,0} - \varepsilon_4\right)\right]E_{sc}A'_s\omega_{cr}k_{cr}\left(y_{\text{ц.т.}} - a'\right) + \\ + \left[\left(\varepsilon_{cr,0} + \varepsilon_4\right)\frac{a}{h} - \varepsilon_4\right]E_sA_s\left(h - y_{\text{ц.т.}} - a\right).$$

(

Деформации в рассматриваемых сечениях поврежденного и неповрежденного железобетона определим через фибровую деформацию сжатого бетона с учетом принятых предпосылок для расчета:

$$\varepsilon_{sc} = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - a'}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};\ \varepsilon_{cr,1} = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - d_{cr}}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};$$

$$\varepsilon_{cr,2} = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - 2d_{cr}}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};\ \varepsilon_0 = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h_{cr}}{x_i}\right)^{n_\varepsilon}; \quad (12)$$

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h_{cr}}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};\ \varepsilon_1 = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h_{cr} - d}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h_{cr} - 2d}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};\ \varepsilon_3 = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h_{cr} - 3d}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h + a}{x_i}\right)^{n_\varepsilon};\ \varepsilon_4 = \varepsilon_{cr,0}\left(\frac{x_i - h}{x_i}\right)^{n_\varepsilon}, \quad (13)$$

где n_ε – коэффициент, учитывающий деплонацию по высоте сечения элемента.

Зная зависимость между напряжениями и деформациями в неповрежденном бетоне , в арматуре и уравнения для определения напряжений в бетоне, подвергнутом коррозии, можно определить напряженно-деформированное состояние элемента в любой рассматриваемый период времени.

Кривизну элемента можно определить, зная деформацию фиброго волокна бетона:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon_{cr,0}}{x_i}. \quad (14)$$

Представление изогнутой оси стержня синусоидой и использование выражения для кривизны (14) позволяют определить прогиб середины высоты стержня:

$$f = \frac{l^2}{\pi^2}\frac{\varepsilon_{cr,0}}{x_i}. \quad (15)$$

При расчете внецентренно сжатых конструкций, когда величина прогиба соизмерима с величиной начального эксцентриситета приложения нагрузки, необходимо учитывать воздействие дополнительного момента, вызванного ростом прогибов в процессе нагружения или во времени. Поэтому внешний момент, действующий на элемент, можно представить как сумму двух моментов: начального (M_0=Ne_0) – от действия внешних сил и дополнительного ($M_Д$=Nf) – от влияния продольной силы, возникающего из-за увеличения прогиба. Величина суммарного момента изменяется как в процессе увеличения нагрузки, так и при длительном ее действии:

$$M = M_0 + M_Д. \quad (16)$$

Из совместного решения уравнений (10) – (13), и (16) определяется напряженно-деформированное состояние элемента до усиления. Однако полученное при этом выражение даже для элемента прямоугольного сечения громоздко, поэтому неизвестные $\varepsilon_{cr,0}$ и x_i целесообразно определять методом последовательных приложений.

По аналогичной методике можно рассмотреть и другие случаи напряженно-деформированного состояния элемента (см. рис., случаи II - V).

В полученных выражениях описания напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых элементов деформации бетона и арматуры выражаются через фибровые деформации наиболее сжатой грани бетона по формулам (12). Учет влияния прогиба элемента производится аналогично первому рассмотренному случаю.

Таким образом, получены обобщающие уравнения оценки прочности и жесткости железобетонных элементов, в которых бетон и арматура поражены коррозией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2009. №4. С.53 – 54.

2. Бондаренко В.М. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений/ В.М. Бондаренко, А.В. Боровских. М.: И.Д. Русанова, 2000. 144 с.

Перькова М. В., канд. арх., доц.,
Колесникова Л. И., доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СВЯТО-ТРОИЦКИЙ МУЖСКОЙ МОНАСТЫРЬ: ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОМПОЗИЦИИ*

arh.lik@yandex.ru

На основе архивных документов и фотографий исследованы основания и развития планировочной структуры Свято-Троицкого мужского монастыря. Сформулирована характеристика объемно-пространственной композиции монастырского комплекса, выявлены ее основные особенности, объемно-пространственное построения зданий и сооружений комплекса. Проведен анализ основных видовых точек на ансамбль монастыря с прилегающих к нему территорий, рассмотрены главные святыни монастыря.

***Ключевые слова**: культовая архитектура, Свято-Троицкий монастырь, монастырские комплексы, архитектурно-пространственная композиция.*

Квартал старого Белгорода, ограниченный сегодня проспектами Богдана Хмельницкого и Славы, улицей 50-летия Белгородской области и Свято-Троицким бульваром, имеет богатейшую историю. Именно отсюда берёт своё начало современный Белгород. Не от Меловой горы, где он простоял всего 16 лет, был сожжён литовскими захватчиками и больше никогда на этом месте не восстанавливался. И не от второй крепости на Старом городе, где простоял всего 37 лет и был перенесён на правый берег Северского Донца.

Именно на территории этого квартала была построена в 1650 году третья крепость — Белгородский кремль. В нём находился воеводский двор и воеводский дом, откуда управляли белгородские воеводы, в том числе и будущий выдающийся полководец фельдмаршал Борис Петрович Шереметев, при котором началось строительство каменного кафедрального Свято-Троицкого собора. Здесь находился центр образованной в 1667 году обширной Белгородско-Обоянской епархии, которой управляли выдающиеся архиереи: митрополиты, архиепископы и епископы. Здесь в течение шести лет жил и совершал богослужения епископ Белгородский Иоасаф (Горленко).

Свято-Троицкий мужской монастырь был основан в 1633 году. Этот монастырь примечателен не только своей уникальной архитектурой, но своими святынями. К сожалению, ни одно из зданий и сооружений комплекса Свято-Троицкого монастыря не сохранилось до наших дней. Поэтому начатое в 2012 г. воссоздание этого монастыря в макете по заказу администрации города является важной задачей, особенно в свете строительства часовни с пещеркой Иоасафа Белгородского и нового здания митрополии на территории бывшего монастыря. Здание храма и часовни Свято-Троицкого монастыря не подлежит восстановлению и поэтому было принято решение о создании ряда макетов разного масштаба, воссоздающие комплекс монастыря в целом и его ключевых построек, расположенных рядом со строящимся зданием митрополии. Очевидно, что создание макета невозможно без детального анализа объемно-пространственной композиции всего архитектурного комплекса монастыря и выявления ее основных характеристик. При этом особое внимание необходимо уделить анализу объемно-пространственной композиции в процессе развития архитектуры монастыря с момента его основания и до разрушения.

Таким образом, в настоящей работе: 1) на основе архивных сведений исследована история архитектуры монастыря; 2) выполнен анализ объемно-пространственной композиции монастырского комплекса, определены ее основные особенности; 3) создана компьютерная модель зданий и сооружений монастырского комплекса по архивным материалам, гравюрам, фотографическим источникам для выполнения макета с использованием лазерных и фрезерных технологий обработки материала.

Свято-Троицкий монастырь был не общежительный, второго класса имел три храма: Свято-Троицкий, Знаменский и домовой в архиерейских покоях во имя Тихона Задонского (первоначально построенного в честь свв. Антония и Феодосия, печерских угодников). При этой церкви имелась монастырская библиотека, содержавшая около полутора тысяч книг духовного содержания. Монахи размещались в двух отдельных корпусах. В монастыре имелся свечной завод и две иконно - книжные лавки. Первым настоятелем монастыря был архимандрид Иоасаф (в миру Иосиф Юнаков). Монастырь занимал территорию, ограниченную современными улицами: Свято-Троицким бульваром, Б.Хмельницкого, пр. Славы, 50-летия Белгородской области [1].

Закладка каменного Свято-Троицкого собора, по имени которого назван монастырь, датируется 1690 годом. В «Путеводителе по Белгороду» (1911г.) И.В. Кулегаев комментирует это событие так: «Дата 1690 г. относится только к каменному зданию: из других же документов известно, что до того времени была около ста лет здесь деревянная соборная крепостная церковь, которая ветшала, уничтожалась и возобновлялась несколько раз. Можно предположительно сказать, что э тот Троицкий храм, как крепостная церковь, был построен одновременно с основанием города в 1593 году. По учреждении в Белгороде епархии этот храм в 1667 году был возведен на степень кафедрального с обора: такое назначение ему было указано царем Алексеем Михайловичем». Строительство последней Белгородской крепости было начато летом 1650 г., воеводой Василием Петровичем Головиным под руководством воеводы большого Белгородского полка боярина князя Б.А. Репнина [4].

На протяжении второй половины XVII века крепость дважды перестраивалась, но ее очертания и размеры оставались прежними. Белгородская крепость имела периметр около 650 саженей; а три стены острога, примыкавшие к ней с востока, протянулись более чем на 1350 саженей. В крепости располагался культовый центр – городской собор и двор митрополита [3]. Первоначальный деревянный Троицкий собор был небольших размеров, к 1690 году собор из-за разрушений стал непригоден для служб. На его месте при третьем Белгородском митрополите Авраамии (1684-1702гг.) был заложен, а в 1707 году при преосвященном митрополите Иустине Белгородском освящен каменный собор во имя Святой Троицы. Отстроенный новый каменный храм имел один большой и четыре малых купола со своеобразной росписью и орнаментовкой стен и невысокой отдельно стоявшей на правой стороне колокольней [1].

К середине XVIII века Троицкий собор обветшал: деревянная крыша и оконные рамы были в плохом состоянии, каменная соборная колокольня настолько покосилась, что грозила падением, архиерейский дом представлял полусгнившие руины, ризница оскудела. Все это требовало основательного ремонта и пополнения. Белгородские иерархи первой половины XVIII века – это и основатель Харьковского коллегиума, епископ Епифаний Тихорский (1722-1731 гг.) и его приемник архиепископ Досифей Богданович-Любимский (1731-1735 гг.) – вели обширную переписку со Священным Синодом, но все их ходатайства не достигали своей цели. Только митрополиту Белгородскому Антонию (1742-1748 гг.) удалось получить 3200 рублей. Смерть помешала митрополиту Антонию довести до конца обновления соборной церкви. Преемник митрополита Антония епископ Иоасаф Горленко (1748-1754 гг.) сумел собрать средства и закончить начатые строительные работы, включавшие возведение новых приделов и покрытие их железом, а также реставрацию обветшавшего иконостаса «как столярным, так и малярным мастерством» и ремонт архиерейского дома. Для выполнения иконописных работ был вызван иеромонах Суджанской Предтечевой пустыни Иерофей. Полтавскому мастеру, звоннику Андрею Дубянскому, были заказаны колокола – большой в 300 и малый в 100 пудов, с обязательством вылить на колоколах изображения Живоначальной Троицы и портрет «Государыни Императрицы Елизаветы Петровны». 30 июня 1751 года было совершено торжественное освящение обновленного епископом Иоасафом собора. «Долголетние усилия Белгородских архипастырей относительно обновления и благоустройства Троицкого кафедрального собора, с успехом были завершены Преосвященным Аггеем Колосовским (1774-1781 гг.), иждивением которого, при пособии от правительства, были исправлены верхи соборной церкви, устроен в ней художественный трехъярусный иконостас, сооружена каменная колокольня с башенными часами» [1].

Объемно - пространственное построение Троицкого собора, первоначально имевшего крещатый план, было характерно для провинциальной архитектуры украинского барокко конца XVII века. К центральному высокому четверику храма примыкали пониженные объемы рукавов креста. Четверик храма завершен мощным барабаном с нишами экседрами, в которых были установлены скульптурные изображения двенадцати святых Апостолов. Примыкающие к четверику объемы рукавов креста были завершены куполами с поставленными на них высокими глухими барабанчиками, декорированными полуколоннами. Купола собора были покрыты серебристо-белым алюминием с металлическими вызолоченными звездами. Достроенные при святителе Иоасафе небольшие приделы в северо-западном, северо-восточном, юго-восточном и юго-западном углах крещатого плана изменили объемно-планировочную композицию собора. После завершения всех работ композиция собора стала многообъемной с восьмилепестковым планом.

Архитектурный декор собора более характерен для зрелого классицизма, чем для барокко, что вполне объяснимо, так как собор на протяжении XVIII и XIX веков подвергался постоянным ремонтам и переделкам. С трех сторон ка-

федральный собор был обнесен каменным забором, а от прилегавшего к нему с востока архиерейского двора отделялся каменными зданиями сторожки и консисторского корпуса (рис.1-2).

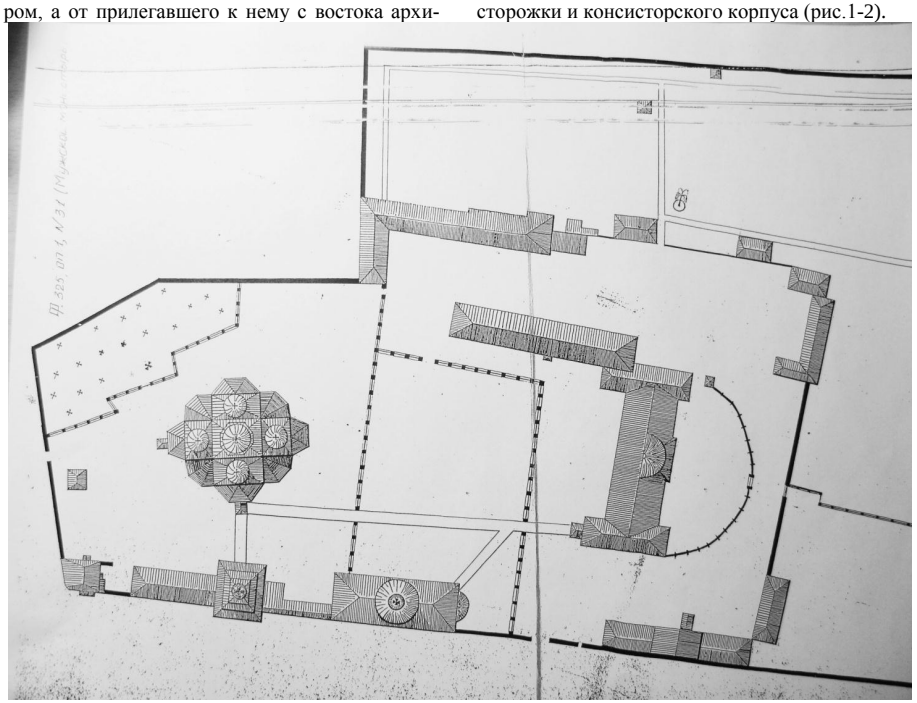


Рис. 1. План комплекса Свято-Троицкого монастыря.

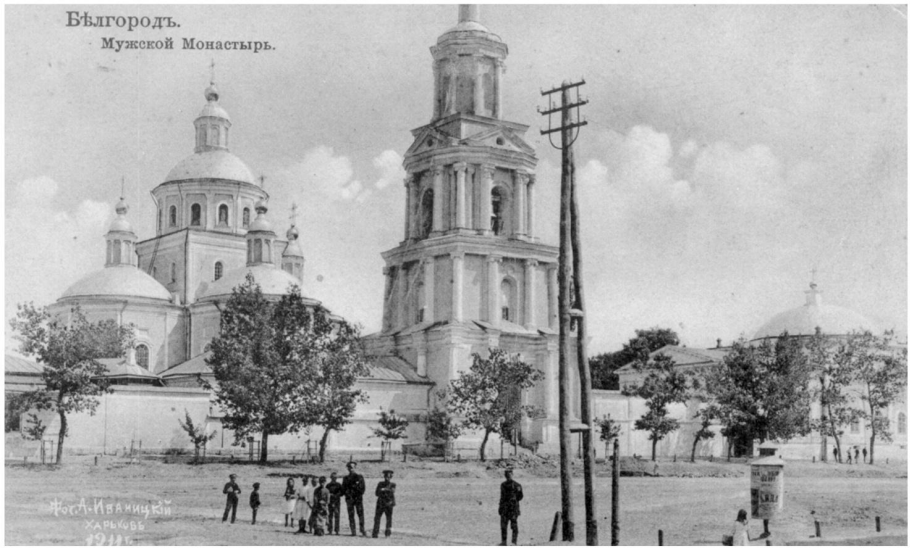


Рис. 2. Свято-Троицкий собор с колокольней

К юго-востоку от Троицкого собора в ограде монастыря располагалась каменная церковь

Знамения Пресвятой Богородицы. Постройка этой церкви (1835 г.) была вызвана необходимостью иметь в монастыре теплую церковь. К тому же сюда ходили на богослужение воспитанники семинарии. Особо следует сказать о соборной колокольне, которая практически заново была возведена в 1811 году. Во время капитального ремонта вокруг нижнего этажа, возведенной в 1781 году колокольни, были выложены новые каменные стены толщиной в аршин (71.12 см), выше возведены три яруса колокольни, убывающие по высоте и ширине. Четверики ярусов колокольни прорезаны арочными проемами по сторонам света и украшены коринфскими трехчетвертными колоннами. Завершена колокольня пологим куполом, увенчанным небольшим барабанчиком с шаром и крестом [1].

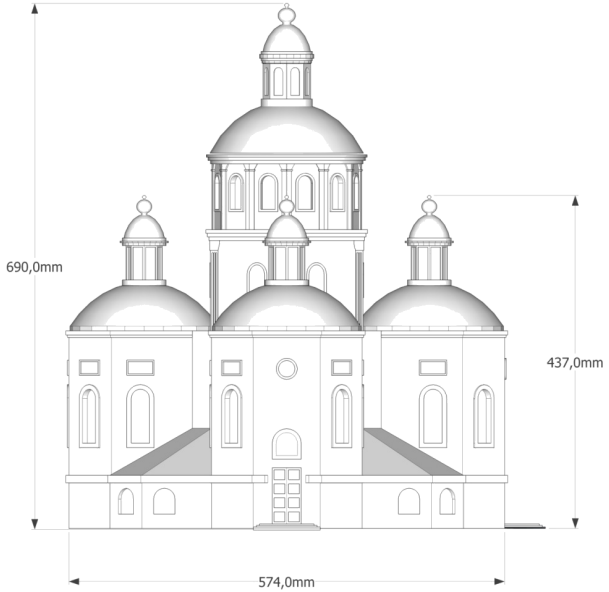


Рис. 3. Фасад Свято-Троицкого собора. Воссоздали по архивным источникам в компьютерной программе арх. Сурков А.А., арх. Берин К.К.

Главными святынями монастыря были деревянная икона святителя Христова Николая, именуемого Ратным и высокочтимые нетленные мощи епископа Белгородско - Обоянского Иоасафа Горленко (обе святыни находятся в настоящее время в Преображенском кафедральном соборе г. Белгорода). Из других, хранившихся в Троицком монастыре священных памятников, достойны упоминания: икона Знамение Пресвятой Богородицы, именуемая «Царской - походной» - это была копия, выполненная в 1688 г. с чудотворной иконы Знамение Пресвятой Богородицы Курской. Вторая икона – Казанской Божией Матери, написанная в 1699 г. [2] .

После октябрьской революции монастырь был закрыт. Мощи святителя Иоасафа отправлены в Москву, а затем в Ленинград. В стенах архиепископского дома разместился детский дом III Интернационала, потом уездный музей и воинская часть. С помощью красноармейцев были разрушены Свято-Троицкий собор, Знаменская церковь и другие зданиия. В ночь с 5 на 6 июля 1930 г. были взорваны остатки стен монастыря.

Таким образом, при помощи архивных документов, фотографий и гравюр выполнен анализ архитектурно-пространственной композиции ансамбля Свято-Троицкого монастыря. Изучение истории строительства монастыря позволило исследовать развитие его архитектурно-пространственной композиции во времени и определить ее основные особенности. Полученные в настоящей работе результаты были использованы при создании компьютерной модели для выполнения макета Свято-Троицкого собора с колокольней и прилегающей территории всего монастырского комплекса. С помощью компьютерной программы были разработаны фасады по фотографиям (рис. 3, 4). Затем был выбран ма-

териал, из которого будет сделан макет и в соответствии с выбранной толщиной используемого материала разработаны развертки каждого фасада и его элементов для изготовления макета (рис. 4.).

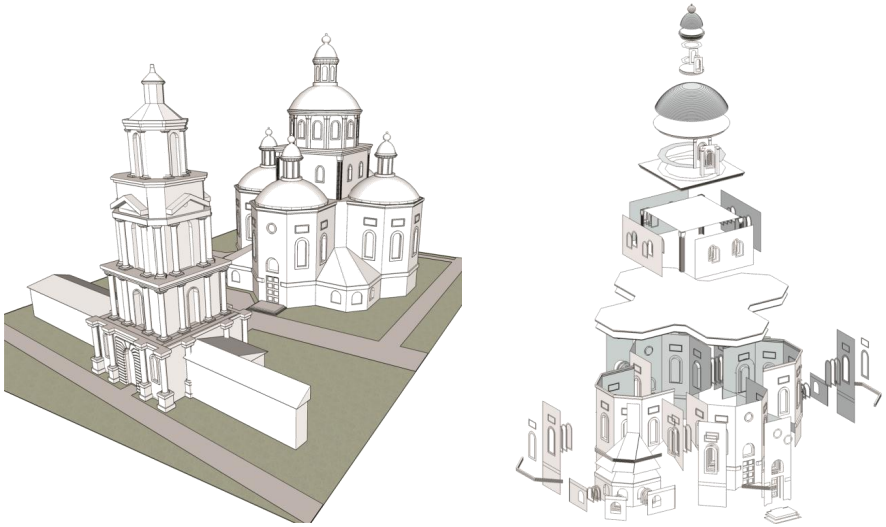


Рис. 4. Модель Свято-Троицкого собора с часовней и азвертки стен Свято-Троицкого собора. Арх. Сурков А.А., арх. Берин К. К.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белгородские святыни. Белгород, 1995, 154 с.

2. Белгородская энциклопедия. Белгород, 2000, 462 с.

3.Гуляницкий Н.Ф. Градостроительство Московского государства 16-17 веков. М., Стройиздат, 1994

4. Колесникова Л.И. Православное церковное зодчество Белгородской области. Белгород, 1997, 147 с.

Петропавловская В. Б., канд. техн. наук, доц.,
Новиченкова Т. Б., канд. техн. наук, доц.
Тверской государственный технический университет
Бурьянов А. Ф., д-р техн. наук, доц.
Московский государственный строительный университет

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПЕРПРЕССОВАННЫХ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

victoria_petrop@mail.ru

Гипсовые материалы и изделия в настоящее время активно завоевывают отечественный рынок. Вовлечение чистого местного сырья в виде отработанных гипсовых форм для литья в производство стеновых и отделочных материалов и изделий по безобжиговой технологии позволит расширить номенклатуру и увеличить объемы строительства.

Исследованиями установлено, что добавка поливинилового спирта в состав сырьевой смеси двуводного техногенного гипса нормированного зернового состава положительно влияет на технологические свойства безобжиговых гипсовых композитов и позволяет обеспечить высокое качество свежесформованных и в дальнейшем – готовых прессованных изделий.

Ключевые слова: *двуводный гипс, отходы, нормированный зерновой состав, поливиниловый спирт, формовочные свойства, прочность.*

Гипсовые материалы и изделия в настоящее время все больше завоевывают отечественный рынок, что обусловлено их высокой технологичностью и экологичностью. При этом могут широко применяться местные гипсовые и гипсосодержащие отходы химической, керамической промышленности и машиностроения в виде отработанных форм для литья [1]. Их использование позволяет не только решить экологическую проблему, но и эффективно использовать высококачественное гипсовое сырье в условиях дефицита минеральных вяжущих [2, 3]. Содержание дигидрата сульфата кальция, например, в отходе Конаковского фаянсового завода, согласно проведенному химическому анализу, составляет 98,54 %. Таким образом, данный отход можно отнести к первому сорту гипсового сырья, т.к. он практически не содержит примесей. Вовлечение экологически чистого местного вторичного сырья в производство стеновых и отделочных материалов и изделий позволит расширить номенклатуру и увеличить объемы строительства в регионах, имеющих такие отходы, при этом оздоравливающе воздействуя на среду обитания. Однако традиционными методами рециклинга подобные техногенные гипсовые отходы невозможно переработать в гипсовое вяжущее, несмотря на их чистоту, – получаемый полуводный гипс имеет очень высокую водопотребность и низкую прочность [1].

Использование безобжиговой технологии получения гипсовых изделий на основе вторичного гипсового сырья, исключающей стадию обжига дигидрата и перевода его в вяжущее, способствует расширению сырьевой базы промышленности строительных материалов.

Производство стеновых изделий методом полусухого прессования на основе двуводного гипса с подбором оптимального зернового состава сырьевой смеси [4, 5], согласно принципам геоники [6] или с применением широкого спектра существующих добавок позволяет получать изделия высокой прочности и достаточной плотности.

При использовании механизма негидратационного твердения для получения гипсовых изделий давление прессования играет роль физико-химического фактора, определяющего образование первичной структуры материала [7]. Количество контактов, определяющих образование первичной кристаллизационной структуры, среди прочих критериев оптимизируется и по величине упругого расширения уплотненных пресс-порошков – деформативной характеристики, используемой в керамической промышленности.

Одним из способов повышения плотности и прочности безобжиговых гипсовых материалов является использование пластифицирующих добавок или веществ, позволяющих снизить водосодержание сырьевой смеси [8]. С целью улучшения формовочных свойств пресс-порошков двуводного техногенного гипса и прочности изделий, получаемых на их основе, в данной работе исследовалось влияние добавки поливинилового спирта (ПВС) и водотвердого отношения на деформативные характеристики пресс-порошка и прочность гипсового композита.

В работе использовались: техногенный

двуводный гипс – отход керамического производства Тверской области, поливиниловый спирт марки ГФ первого сорта (ТУ 6-11-0209955-20-89) производства ОАО «Невинномысский Азот».

При определении физико-технических характеристик исходных материалов и получаемых прессованных образцов применялись стандартные методы испытаний, соответствующие ГОСТам и другим нормативным документам. Деформативные характеристики гипсовых порошковидных сырьевых смесей определялись по методике, предложенной И.И. Бернеем и В.В. Беловым [1]. Давления, при которых измерялись соответствующие деформации исследуемой сырьевой смеси, составляли 10, 20, 30, и 40 МПа, т.е. практически охватывали диапазон давлений прессования, применяемых для изготовления гипсовых изделий.

Твердение осуществлялось в сухих условиях. Предел прочности при сжатии прессованных образцов на основе дигидрата сульфата кальция определяли по стандартным методикам, как среднее из результатов испытаний шести образцов по ГОСТ 23789-79.

Результаты исследования зависимости средней плотности уплотненного пресс-порошка от процентного содержания поливинилового спирта, а также от водотвердого отношения (влажности сырьевой смеси) показали (рис.1), что с увеличением добавки спирта до 0,35 % средняя плотность уплотненной сырьевой смеси увеличивается, что объясняется повышением прессуемости порошка бинарного состава. Поливиниловый спирт способствует повышению пластичности сырьевой смеси, жидкая связка позволяет снизить трение при прессовании как между частицами дигидрата, так и между стенками пресс-формы и дигидратом. При содержании добавки свыше 0,35 % происходит снижение средней плотности. С увеличением водотвердого отношения от 0,1 до 0,12 средняя плотность гипсовых образцов увеличивается. При В/Т выше 0,12 наблюдается уменьшение средней плотности. Жидкость как упругая фаза препятствует сближению частиц.

При увеличении в составе сырьевой смеси добавки поливинилового спирта формовочные свойства материала меняются. При водотвердом отношении до 0,11 при увеличении добавки упругое расширение снижается (рис. 2). А при содержании добавки свыше 0,3 % упругое расширение повышается. Это видимо происходит потому, что смесь становится более пластичной и быстрее уплотняется. При прессовании вся энергия уходит на деформацию частичек, а не на деформацию структуры. При В/Т больше 0,12 с увеличением добавки пластичность повышается. Таким образом, установлено, что добавление поливинилового спирта в смесь изменяет формовочные свойства. Оптимальное содержание добавки поливинилового спирта составляет 0,35 %, оптимальное водотвердое отношение – 0,12.

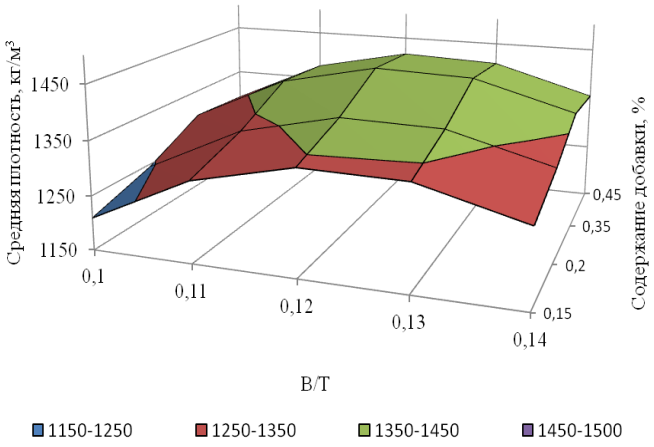


Рис. 1. Зависимость средней плотности от содержания добавки поливинилового спирта и водотвердого отношения

Зависимость прочности гипсового камня негидратационного твердения от количества вводимой добавки поливинилового спирта и содержания воды, полученная по результатам проведенного двухфакторного планированного эксперимента, показывает (рис. 3), что с увеличением добавки поливинилового спирта от 0,15 до 0,35 % наблюдается увеличение прочности прессованных образцов, что также объясняется улучшением удобоукладываемости сырьевой смеси за счет пластифицирующего действия добавки.

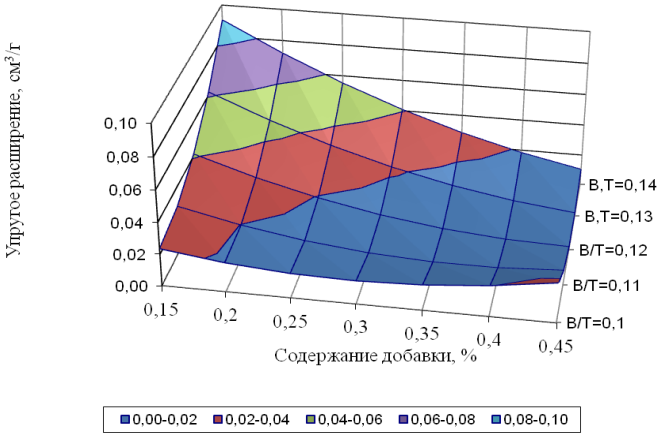


Рис. 2. Зависимость упругого расширения гипсовых образцов от добавки поливинилового спирта

При дальнейшем увеличении процентного содержания добавки прочность уменьшается при всех значениях водотвердого отношения. Наибольшая прочность на 14 сутки твердения составляет 37,85 МПа. Применение добавки ПВС позволяет повысить прочность материала в сухом состоянии на 26 % по сравнению с прочностью контрольных образцов, изготовленных без введения добавки поливинилового спирта ($R_{сж}$= 27,8 МПа).

При изменении водотвердого отношения от 0,1 до 0,14 зависимости имеют различный характер. Наибольшую прочность имеем при В/Т=0,12, следовательно добавка также понижает и оптимальное водотвердое отношение (при испытании образцов без добавки оптимальное В/Т составляет 0,14). Самая низкая прочность наблюдается при В/Т=0,1.

Использование добавки ПВС даёт объединение факторов, влияющих на пластифицирующие способности соединения, а именно: наличие в структуре радикалов большой молекулярной массы; функционально-активные группы (карбоксильные и карбонильные), способные реагировать с частицами минеральных вяжущих веществ и продуктами их гидратации.

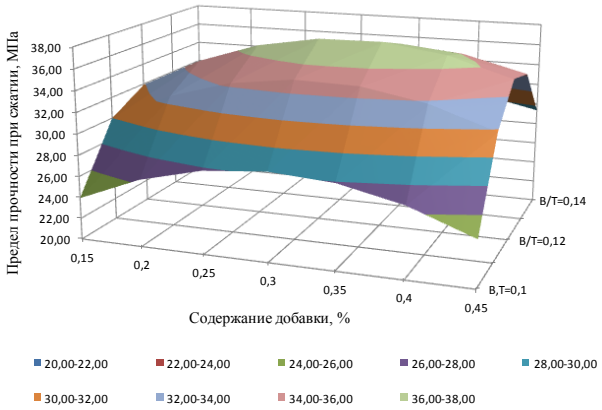


Рис. 3. Зависимость прочности прессованных гипсовых образцов от содержания добавки поливинилового спирта и водотвердого отношения

Таким образом, добавка поливинилового спирта в количестве 0,35 % при оптимальной влажности сырьевой смеси 12 % (В/Т= 0,12) положительно влияет на технологические свойства безобжиговых гипсовых композитов, что позволяет обеспечить высокое качество свежесформованных и в дальнейшем – готовых изделий.

Безобжиговые изделия на основе оптимизированной сырьевой смеси двуводного техногенного гипса с добавкой поливинилового спирта, полученные методом полусухого прессования, имеют прочность, отвечающую требованиям, предъявляемым к стеновым конструкционным материалам – свыше 35 МПа, что обеспечивает перспективность развитию технологии получения экологически чистых и безопасных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Петропавловская В.Б. Современные эффективные гипсовые вяжущие, материалы и изделия: научно-справочное издание. Тверь: ТГТУ, 2007. 132 с.

2. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Бурьянов А.Ф. Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двуводного гипса // Строительные материалы. 2007. №12. С. 46–47.

3. Белов, В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И., Петропавловская В.Б., Фишер Х.-Б., Маева И.С., Новиченкова Т.Б. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция: монография. М.: Де Нова, 2012. 196 с.

4. Использование отходов природного гипсового камня в производстве безобжиговых материалов / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова, Ю.Ю. Полеонова, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. 2012. №7. С. 28–30.

5. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, А.П. Пустовгар // Строительные материалы. 2010. №7. С. 22-23.

6. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 213 с.

7. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова, Т.Б. Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов // Строительные материалы. 2008. №8. С. 14-15.

8. Патент РФ №2006128143/03, 20.04.07. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Пунегов С.В. Сырьевая смесь для получения гипсовых изделий // Патент России №2318769.2008, Бюл. № 7.

Донченко О. М., канд. техн. наук, проф.,
Пащенко Ж. И., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КЛАДКИ ИЗ ПУСТОТЕЛЫХ КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ КАМНЕЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

znp2302@mail.ru

Сопоставление опытных данных и теоретических результатов, определенных по разработанной нами теории и методике, для широкого диапазона изменения прочности камня и раствора (от М50 до М 150), показало хорошую степень их согласованности, поскольку максимальные погрешности счета находились в пределах 7-8%.

Еще более сложной для определения трещиностойкости и прочности является пространственная задача кладки из таких материалов, армирована горизонтальными металлическими сетками в каждом или через несколько рядов камня.

Проведенные нами многочисленные машинные вычисления показали хорошую точность разработанной методики для расчета армированной кладки из пустотелых камней. При этом, при армировании кладки в каждом ряду ее прочность увеличивалась в 1,5 раза, через два ряда - в 1,3 раза и через три ряда -в 1,15 раз.

***Ключевые слова**: прочность, теория работы, методика расчета, центральное сжатие, армированная кладка.*

Для строительства гражданских и промышленных зданий в России и странах СНГ в последние десятилетия характерно массовое применение керамзито- и ячеистобетонных камней. Из них повсеместно возводят несущие и самонесущие наружные и внутренние стены, столбы и пилястры не только мало-, но и многоэтажных зданий. Опыт зарубежных стран и прогнозы ведущих специалистов убеждают, что такая тенденция сохранится и на длительную перспективу, а камни будут более разнообразными по форме и деформативно-прочностным свойствам.

Однако, несмотря на высокое развитие строительной науки, многие важнейшие вопросы работы такой кладки еще недостаточно изучены. Теория и нормативная методика расчетов кладки [1], основанная на эмпирической зависимости проф. Л. И. Онищика, полученной в опытах с совершенно другими материалами, необходимой точности не обеспечивает. Для кладки с пустотелыми камнями, растворами высокой прочности она приводит к существенно заниженным результатам, для армированной кладки у нее решений вообще нет. Все это обуславливает актуальность разработки физически достоверной общей теории деформирования каменной кладки и создания более точной методики ее расчетов.

С 2002 г. в БГТУ им. В, Г. Шухова под руководством проф. О. М. Донченко проводятся обширные экспериментально-теоретические исследования особенностей деформирования и исчерпания сопротивления армированной и неармированной кладки из пустотелых керамзитобетонных камней СКЦ от М 50 до М 150 на растворах прочностью от М 25 доМ 100 при кратковременном сжатии. В опытах (более 500 стандартных образцов высотой 104 см) детально изучали вопросы появления и развития вертикальных трещин, величины начального модуля упругости E_o и упругой характеристики кладки α, закономерности снижения модуля деформаций $E^{/}$ с ростом нагрузки, влияние поперечного армирования на прочность кладки и др.

В ходе проведенных исследований были подтверждены некоторые явления, ранее хорошо известные для традиционной кладки, и получен ряд новых интересных результатов, в том числе:

- прочность неармированной кладки существенно меньше прочности камня, но практически всегда была несколько большей (на 15-20%), чем определенная по нормативной методике [7];

- камень в центрально сжатой кладке находится в сложном пространственном НДС, одновременно испытывая сжатие, изгиб и двухстороннее растяжение, а раствор – всестороннее сжатие;

- изгиб камня вызывается существенной неоднородностью растворной постели, в связи с чем первые локальные вертикальные трещины возникают в центре длины камня, а растяжение в поперечных направлениях обусловлено растягивающими деформациями более деформативного раствора;

- разрушение пустотелого камня в неармированной кладке происходит из-за раздробления его вертикальных стенок после поперечного разрыва соединяющих их горизонтальных перемычек;

- прочность кладки, армированной поперечными металлическими сетками, на 20-50% больше, чем аналогичной неармированной.

В этой связи определение несущей способности и трещиностойкости такой многократно внутренне статически неопределимой системы, какой по существу является кладка, представляет весьма сложную задачу, поскольку она по характеру структурного образования и условиям работы материалов кардинальным образом отличается от объектов, рассматриваемых в теориях упругости и сопротивления материалов. Для описания НДС массива такой макронеоднородной среды, состоящей из конгломерата дискретно расположенных камней и обволакивающих их слоев раствора, применять дифференциальные уравнения теории упругости и пластичности недопустимо, поскольку не выполняются их основные предпосылки о сплошности и однородности материалов.

Поэтому использование в расчетах кладки традиционных формул сопротивления материалов при простейших нагружениях осевого сжатия и растяжения неправомочно, поскольку противоречит физике явлений. Здесь, как для композитивной среды, состоящей из материалов, обладающих различной прочностью на эти виды деформирования, наиболее удачные решения дают теории и гипотезы, основанные на использовании энергетических принципов. Решение искомой теоретической задачи следует получать путем рассмотрения НДС отдельных совместно работающих камней и растворных швов, т.е. необходим дифференцированный подход к различным, как по механическим свойствам, так и по условиям работы материалам. Для такого-подхода в общем случае расчетов необходимо знание действительных законов деформирования камня и раствора и рассмотрение реальных поверхностей деформирования и разрушения кладки, т.е. принятие новых, более строгих предпосылок, допущений и гипотез. В принципе, они могут быть новыми и старыми, но хорошо апробированными на практике. При этом одно требование должно быть непременным. Они должны быть более точными, чем действующие, и не противоречить здравому физическому смыслу. Усложнение математического аппарата в этом случае в условиях широкого использования ЭВМ может быть допущено без каких-либо ограничений.

Для решения этой сложной задачи принимаем следующие основные предпосылки, допущения и концепции, объясняющие механизмы деформирования, растрескивания и разрушения кладки:

1. Теоретическое определение трещиностойкости и прочности кладки в общем случае ее образования может быть получено только на основе совместного рассмотрения условий равновесия и деформаций.

2. Условия деформаций принимаются с учетом действительных механических свойств материалов. Деформирование камня и раствора является неупругим (нелинейным) со снижающимся с повышением нагрузки модулем деформации E' и увеличивающимся коэффициентом поперечных деформаций (коэф.Пуассона)V.

3. В соответствие с принципом «самого слабого звена», первая локальная вертикальная трещина возникает в центре длины камня, обладающего наименьшими пределами прочности на сжатие и растяжение, $R_{к.с}^{\min}$ и $R_{к.р}^{\max}$, а перерастание локальных трещин в магистральную соответствует моменту растрескивания камня с наибольшими пределами прочности на сжатие и растяжение $R_{к.с}^{\max}$ и $R_{к.р}^{\max}$.

4. Исчерпание прочности неармированной кладки происходит при разрушении в условиях продольного изгиба отдельных высоких столбиков-ветвей поперечным сечением до 10х10 см, на которые кладка расслоилась магистральными трещинами.

5. В кладке, часто армированной горизонтальными сетками, исчерпание сопротивления происходит в результате высыпания раствора из швов или раздавливания бетона вертикальных стенок пустотелых камней.

6. Разрушение отдельных ветвей-столбиков или стенок камней обуславливается потерей прочности камня или раствора в локальной области от совместного действия главных напряжений трех направлений.

Проведенный статический и конструктивный анализособенностей деформирования такой кладки показал, что наибольшую степень согласованности теоретических и опытных результатов для нее дает гипотеза удельной потенциальной энергии формоизменения[4], представляющая обобщение энергетических теорий прочности Губера-Мизеса-Генки на упруго-пластические материалы. Ее физическая сущность –«предельное состояние материала независимо от того, находится ли он в линейном или сложном пространственном НДС, наступает в локальной области при достижении удельной потенциальной энергии формоизменения предельной (опасной) величины». Аналитическое выражение этой теории:

$$б_1^2+б_1^2+б_1^2-2\gamma(б_1\cdot б_2+ б_2 б_3+б_3\cdot б_1)-(R_c-R_p)\cdot(б_1+б_2+ б_p)=R_c-R_p, \quad (1)$$

где $б_1;б_2;б_3$;- главные напряжения различных направлений; R_c и R_p - предельные сопротивления материала центральным сжатию и растяжению;γ- числовой параметр.

При γ=1/2 (по П. П. Баландину) получаем поверхность вращения второго порядка в виде парабалоида, наиболее приемлемую к бетонам и растворам, работающим в условиях всестороннего сжатия или сжатия с растяжением. По-

$$б_1=\frac{(1-\alpha_2-\alpha_3)}{2\cdot(1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_2^2+\alpha_3^2-\alpha_2\cdot\alpha_3)}\cdot\left(1+\sqrt{1+\frac{4R_c\cdot R_p(1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_2^2-\alpha_3^2-\alpha_2\cdot\alpha_3)}{(1-\alpha_2-\alpha_3)^2\cdot(R_c-R_p)}}\right). \quad (2)$$

Подставляя в (2) значения пределов прочности материалов R_c и R_p, и величины коэффициентов поперечных напряжений α_2 и α_3, соответствующих рассматриваемой стадии работы кладки с учетом их знаков, можно получить величины напряжений в камне и растворе для всех ее предельных состояний. Коэффициент α_2 соответствует продольному нормальному напряжению в камне вдоль ложка и отражает сумму двух компонент напряжений - растяжения камня от более деформативного раствора $\alpha_{к.р}$и от изгиба на неоднородном основании растворной постели $\alpha_{к.ф}$. Точно также, коэффициент α_3 соответствует аналогичным напряжениям, но вдоль тычка камня. Коэффициент поперечных напряжений сжатия для раствора α_4 от сдерживающего влияния камня равен только коэффициент $\alpha_{р.с}$ от сжимающих поперечных напряжений.

Естественно, что точность рассматриваемой задачи зависит от достоверности определения компонент $\alpha_2 \div \alpha_2$напряжений в камне и растворе, сложность чего обусловлена их специфическими особенностями. Так, все компоненты нормальных напряжений в камне и растворе, связанные с существенной разностью их деформативных свойств, подчиняются детерминированным законам, а вызываемые изгибом камня на неоднородном растворном основании – стохастическим, поскольку неоднородность растворной постели, отсутствие на ее некоторых участках сцепления с камнем – явления случайные и требуют соответствующего вероятностного подхода.

$$V=a_0+a_1x+a_2y+a_3z+a_4xy+a_5xz+a_6yz+a_7xyz; \quad (3)$$

$$U=b_0+b_1x+b_2y+b_3z+b_4xy+b_5xz+b_6yz+b_7xyz; \quad (4)$$

$$W=c_0+c_1x+c_2y+c_3z+c_4xy+c_5xz+c_6yz+c_7xyz; \quad (5)$$

где: V; U и W - перемещения разных направлений; *x, y* и *z*- текущие координаты; $a_0 \div a_7$; $b_0 \div b_7$; $c_0 \div c_7$ - неизвестные коэффициенты.

В результате получаем полную картину НДС камня и растворной постели различных марок и высот. Анализ особенностей НДС в камне и растворе позволил установить ряд характерных явлений, а именно:

1.Эпюра нормальных напряжений в поперечных сечениях камня явно нелинейна и существенно вогнута в центре его высоты и, чем больше отношение высот раствора и камня $\beta=\frac{h_p}{h_k}$, тем больше величина его нормальных растягивающих напряжений.

скольку все главные напряжения при нагружении кладки сжатием изменяются практически взаимно пропорционально, то два из них – напряжения поперечных направлений $б_2$ и $б_3$ можно представить в виде функций от третьего вертикального $б_1=g$.

Принимая $б_2=\alpha_2\cdot б_1$ и $б_3=\alpha_3\cdot б_1$, имеем основное для решения рассматриваемой задачи уравнение в замкнутой форме:

Для определения компонент нормальных напряжений в камне и растворе от разности их деформативных свойств рассмотрим НДС центрально нагруженного столба, состоящего из отдельных параллельно уложенных друг на друга слоев камня и раствора. Будем исследовать фрагмент этого столба (рис. 1), вырезанный двумя горизонтальными плоскостями, проведенными через середины смежных рядов раствора и камня. Расчетная схема такого фрагмента представляет загруженные равномерно распределенной вертикальной нагрузкой (сжатием) интенсивностью gпластины из разных материалов, жестко соединенные между собой и опирающиеся на жесткое основание без трения.

Решение этой пространственной задачи осуществляем в нелинейной постановке методами конечных элементов в перемещениях с использованием вычислительного комплекса «Лира». Будем учитывать реальное снижение модуля деформации E'_p и увеличение коэффициент поперечных деформаций V'_p раствора. Объемы камня и раствора разбиваем на прямоугольные параллелепипеды с тремя степенями свободы в каждом узле (рис. 2). При этом пластину, имитирующую камень, делим на 8 слоев, а раствора – на 4 слоя. По длине эти пластины разделяем на 10поперечных сечений, а по ширине – на 5.

Поле перемещений внутри каждого параллелепипеда аппроксимируем полилинейными функциями вида:

2.Эпюра нормальных напряжений в растворном шве в меньшей степени зависит от соотношения высот материалов и практически является прямоугольной.

3.Распределение напряжений в поперечных сечениях материалов, получ*аемые* при решении пространственной и плоской задач, практически совпадают.

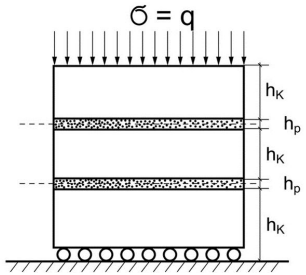


Рис. 1. Расчетная схема центрально-сжатого столба

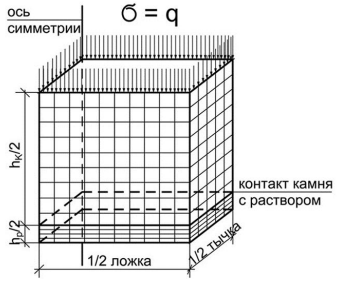


Рис. 2. Схема давления расчетного фрагмента столба на конечные элементы

С физической точки зрения, для решаемой задачи наиболее важное значение имеют величины максимальных нормальных напряжений в камне по линии его контакта с раствором, а для последнего, наоборот, минимальные в центре его высоты.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что точное решение задачи распределения нормальных поперечных напряжений в материалах, вызываемых разностью их деформативных свойств, к сожалению, не имеет замкнутой формы и оказалось столь сложным, что использование его для практической инженерной работы не целесообразно.Это предопределило необходимость проведения поиска более простых, приближенных методов решения. Проведенный анализ показал, что решая плоскую задачу для трех пластин из двух материалов, жестко соединенных между собой и сжатых вертикально равномерно-распределенной нагрузкой g без учета трения на опорных поверхностях (рис. 3) с принятием допущений о плоском сечении, прямоугольной эпюре нормальных напряжений в растворе и параболической в камне, можно весьма просто получить искомое решение замкнутой формы.

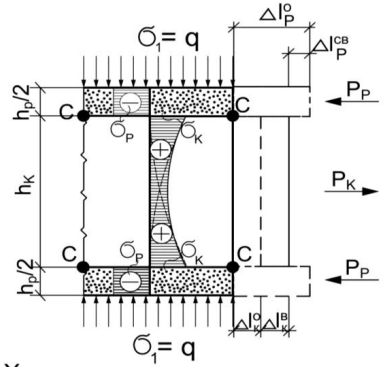


Рис. 3. Характер распределения нормальных усилий и напряжений в камне и растворе

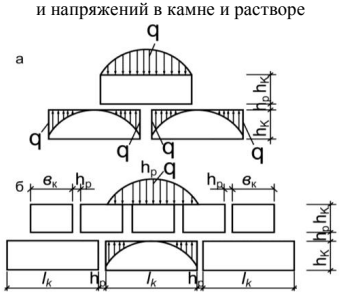


Рис. 4. Схема распределения давления в камнях кладки: а – цепная перевязка; б – двухрядная

Записывая условия равновесия и совместности деформаций на контакте двух пластин по линиям С-С, имеем:

$$P_к=2R_р/2;E_к=E_р \quad (6)$$

Учитывая, что относительные поперечные деформации камня $E_к$ и раствора $E_р$ слагаются из свободных E^0 и вынужденных компонент $E^в$ зависимости (6) получают вид

$$E_к^0 + E_к^в = E_p^в - E_p^в. \quad (7)$$

Решая совместно (6) и (7) с учетом следующих соотношений

$$E_к^0 = V_к^0 \cdot б_2/ E_к^0;\ E_к^в = 3P_к / h_к \cdot E_к^0;\ E_p^0 = V_p' \cdot б_2/ E_p';\ E_p^в = P_p / h_p \cdot E_p';\ n' = E_к^0 / E_p', \quad (8)$$

получаем несложные выражения для определения искомых коэффициентов нормальных напряжений в камне и растворном шве, соответственно:

$$\alpha_{к.р} = \frac{\left(V_p' \cdot n' - V_к^0\right)}{\left(1+n'/3\beta\right)};\ \alpha_{р.с} = \frac{\left(V_p' \cdot n' - V_к^0\right)}{\left(3\beta+n'\right)}; \quad (9)$$

Анализ результатов проведенных нами многочисленных машинных экспериментов /вычислений/ для кладки из пустотелых камней и традиционных растворов различных прочностей и соотношений высот камня и раствора показал, что приближенное решение для всего широкого диапазона изменяемых характеристик материалов достаточно точно совпадает с точными решениями пространственной задачи, поскольку погрешности его применения не превышали ± 5,0%. При этом, значения n' принимались дискретно: от 0,5 до 15,0 через 0,5, что соответствует разным стадиям работы кладки – от образования первых трещин до исчерпания сопротивления.

Другой сложной задачей является определение компонент нормальных поперечных растягивающих напряжении в камне при изгибе на неоднородном растворном основании. Анализ многочисленных опытных данных не позволяет, покамест, выявить однозначные закономерности их величины и характера распределения по длине и ширине камня от свойств раствора, высоты горизонтальных и толщины вертикальных растворных швов, структурной системы перевязки кладки и других ее специфических свойств и факторов, что характерно для недетерминированной, стохастической системы. Применение здесь самых современных вероятностных методов с использованием зависимостей Максвелла и рядов Фурье приводит к необходимости решения сложных интегро-дифференциальных уравнений, затруднительных для использования в инженерных расчетах.

На основании рассмотрения особенностей деформирования камня в кладке доказано, что даже в условиях идеального центрального сжатия на его ложке перед появлением первой трещины всегда имеются один или два максимума вертикальных перемещений, расположенных в центре его длины, а на тычках на всех стадиях работы –тоже один-два максимума, расположенных в четвертях их длины. Так же, один или два максимума перемещений имеются и в половинках камня после прохождения магистральной трещины.

Это позволяет рассматривать отдельные камни в кладке как пластины, лежащие на неоднородном упругом основании, сжимаемые неравномерно распределенной нагрузкой, обусловленной неоднородностью растворной постели, системой перевязки и наличием вертикальных швов. Так, при .традиционно применяемых существенно, деформативных растворах в центре длины камня в зоне вертикального шва всегда имеет место ослабления основания, что способствует характеру нагруженияКамня в виде двух прямоугольных или параболических треугольников, составленных катетами вместе (рис. 4). В нижележащих камнях распределение напряжений будет,естественно, обратным. В более значительной степени это характерно в местах незаполненных вертикальных швов. Аналогичный эффект создается и отдельных камнях кладки, у которой тычковые и ложковые ряды камней чередуются по высоте (рис. 4).

Естественную изменчивость деформативных свойств растворной постели, которая по данным исследований [2, 3, 4, 5, 6, 7] обычно колеблется в пределах 1,25-2,5,и ее отпор можно учесть, как это производится при расчете фундаментов зданий, возводимых на неоднородных грунтах по косинусоиде

$$K(x) = K_p\left(1 \pm C_1 \cdot cos\frac{\pi x}{\ell_1}\right) \quad (10)$$

где: $K_р$-величина среднего отпора; х-текущая координата; ℓ_1 - полудлина камня с переменным коэффициентом жесткости; C_1 -коэффициент, характеризующий степень изменчивости сжимаемости основания, равен

$$C_1=(ɣ-1)/(ɣ+1) \quad (11)$$

В (11) коэффициент ɣ, согласно вероятностным методам, определяет степень изменчивости жескости основания соотношением его начальных модулей упругости E_p^{max} и E_p^{min} на отдельных участках длины камня

$$\gamma = E_p^{max} / E_p^{min} \quad (12)$$

Таким образом, эпюры коэффициентов жесткости и, соответственно, отпора представлены параболическими симметричными трапециями (рис. 5, а) сэкстремумами ординат на торцах ложка. Такие же параболические, но нессиметрические трапеции этих коэффициентов, будут и по тычку камня (рис. 5, б).

Наихудшая комбинация усилий будет, если распределение сжимающей нагрузки по верху камней задать аналогично закону отпора основания, но ассиметрично, т.е. со сбивкой на

половины. Тогда изменение вертикальных давлений будет происходить по косинусоиде:

$$q=б_1\left(1\pm C_1\cdot cos\frac{2\pi x}{\ell_1}\right) \qquad (13)$$

и часть этой нагрузки с максимальной ординатой $2C_1\cdot б_1$будет создавать изгиб камня.

Определение НДС камней решали методами конечных элементов в перемещение с использованием вычислительного комплекса "Лира". Для этого пластину, имитирующую половину камня саз мерами 19,0x15,0 см, разбивали сеткой на прямоугольные параллелепипеды с тремя степенями свободы в каждом узле. По высоте пластину разбивали на 8 слоев, по длине на 10, по ширине па 5 сечений. Поле внутри перемещений каждого параллелепипеда аппроксимировали полилинейными функциями типа [3-5].

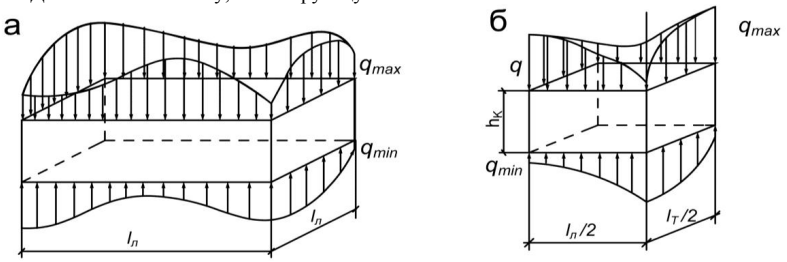


Рис. 5. Эпюра нагрузки и отпора основания для камня:
а – целого, б – половинки

Решение этой сложной пространственной задачи показало существенную величину нормальных поперечных напряжений растяжения от изгиба в пластине-камне даже при небольшой неравномерности их нагружения, так же и то, что первая локальная трещина должна возникать в центре длины ложка. В половинке камня и тычке при исчерпании сопротивления имеются две зоны максимальных изгибающих моментов, что хорошо согласуется с нашими физическими воззрениями и подтверждается в опытной практике. Сложность получения таких решений в замкнутой форме обусловила поиск более простых, т.е. приближенных способов определения нормальных напряжений от изгиба камня. В результате обработки машинных экспериментов (вычислений) были получены следующие простые аналитические зависимости, которые учитывают главные особенности исследуемого процесса для стадий:

- трещинообразования

$$\alpha_{к.из}=2C_1 б_1 \ell_п^2 C_2/72W_к \qquad (14)$$

-исчерпания сопротивлении

$$\alpha_{к.из}=2C_1 б_1 \ell_т^2 C_2/48W_к \qquad (15)$$

где C_2 – коэф. увеличения нормальных напряжений для камня, учитывающий соотношение его длины и высоты, т.е. переход от балки к балке-стенке. На основании рассмотрения НДС балок-стенок в посредством решения задачи теории упругости по методу сеток для элементов с соотношением в пределах от 1,0 до 4,0 несложными методами аппроксимаций он получен нами в виде $C_2=1+\frac{1}{1+0{,}5\cdot(\ell/h_k)^3}$ (16).

Теперь мы располагаем всеми зависимостями, необходимыми для решения рассматриваемой задачи и расчета неармированной кладки при центральном сжатии. В них не учтена только возможная составляющая нормальных напряжений в растворе из-за изгиба камня в связи с ее незначительностью (на порядок меньше). Необходимо отметить, что применение других видов огибающих эпюр нагрузки и отпора без изменения количества их максимумов, в том числе и в виде прямоугольных треугольников не изменяло значений коэффициентов нормальных напряжений от изгиба камня, полученных по точному и приближенному решениям.

Подставляя минимальную прочность камня в (2) с учетом зависимостей (14 и 15), получаем прочность кладки при появлении вертикальной трещины

$$R_k^{тр}=\frac{A\cdot\left(R_{k.c}^{\min}-R_{k.p}^{\min}\right)}{2B}\left(1+\sqrt{1+\frac{4\cdot R_{k.c}^{\min}\cdot R_{k.p}^{\min}\cdot B}{A^2\cdot\left(R_{k.c}^{\min}-R_{k.p}^{\min}\right)}}\right). \qquad (17)$$

Прочность кладки при образовании в этом вертикальном сечении магистральной трещины

$$R_к^{м}=\frac{A\cdot\left(R_k^{\max}-R_{k.p}^{\max}\right)}{2B}\left(1+\sqrt{1+\frac{4\cdot R_{k.c}^{\max}\cdot R_{k.p}^{\max}\cdot B}{A^2\cdot\left(R_{k.c}^{\max}-R_{k.p}^{\max}\right)}}\right). \qquad (18)$$

В (17) и (18)

$$A=(1-\alpha_2-\alpha_3);$$

$$B=\left(1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_2^2+\alpha_3^2-\alpha_2\cdot\alpha_3\right).$$

Теперь, после разделения кладки магистральными трещинами на ряд ветвей-столбиков поперечным сечением 9x9 см, исчерпание ее сопротивления в условиях продольного изгиба определяется:

- по камню

$$R_k=\frac{Д\cdot\left(R_{k.c}-R_{k.p}\right)}{2E}\left(1+\sqrt{1+\frac{4\cdot R_{k.c}\cdot R_{k.p}\cdot E}{Д^2\cdot\left(R_{k.c}-R_{k.p}\right)}}\right). \qquad (19)$$

- по раствору

$$R_p=\frac{K\cdot\left(R_{p.c}-R_{p.p}\right)}{2M}\left(1+\sqrt{1+\frac{4\cdot R_{p.c}\cdot R_{p.p}\cdot M}{K^2\cdot\left(R_{p.c}-R_{p.p}\right)}}\right). \qquad (20)$$

В (19) и (20)

$$Д=(1-2\alpha_3);\ E=(1+\alpha_3^2+2\alpha_3);\ K=(1+1a_4);\ M=(1+\alpha_4-2\cdot\alpha_4)$$

Таким образом, сопротивление кладки следует определять и по камню, и по раствору, вводя в расчет наименьшее из полученных значений.

Сопоставление опытных данных и теоретических результатов, определенных по разработанной нами теории и методике, для широкого диапазона изменения прочности камня и раствора (от М50 до М 150), показало хорошую степень их согласованности, поскольку максимальные погрешности счета находились в пределах 7-8 %. Необходимо отметить, что теоретические результаты, определенные нами по нормативной методике [1], постоянно на 15-25 % занижали опытную несущую способность из таких материалов кладки. Последнее может быть объяснено, во-первых, недостаточной надежностью [1], во-вторых, использованием в опытных образцах высококачественных пустотелых керамзитобетонных камней ООО «Белгородский завод ЖБК-1», изготавливаемых по передовой немецкой вибрационно-прессовой технологии, которая во время создания эмпирических зависимостей [2] еще не функционировала.

Еще более сложной для определения трещиностойкости и прочности является пространственная задача кладки из таких материалов, армирована горизонтальными металлическими сетками в каждом или через несколько рядов камня. Покамест нормативная методика [1] физически не объясняет свои формулы для расчета армированной кладки. В ней совершенно не объяснено какое напряженное состояние действует в стержнях сетки и каким образом в них действуют усилия. Опыты же показывают, что при исчерпан сопротивления армированной кладки представленное в этих формулах расчетное сопротивление стали в 240 МПа не достигается и даже наполовину. По нашему мнению, они созданы без разработки достоверной физической модели.

По нашим физическим воззрениям, стержни сеток оказывают существенное влияние на сдерживание растягивающих деформаций раствора [5], во-первых снижая растягивающие напряжения в камне от различия деформативных свойств материалов и, во-вторых, существенно уменьшая неоднородность растворной постели, значительно снижают растягивающие *на*пряжения в камне от изгиба. При этом благотворное влияние горизонтальных сеток распространяется на смежные ряды камня и раствора по высоте на зону Сен-Венана, т.е на высоту, равную длине камня, образуя таким образом "обойму", подобную создаваемой металлическими подушками пресса. Последнее объясняет тот известный факт постепенного снижения эффекта действия металлических сеток с увеличением расстояния между ними по высоте.

Поэтому решение искомой задачи надо искать в снижении поперечных растягивающих напряжений раствора и уменьшении неравномерности и неоднородности растворной постели. Наиболее простыми и действенными решениями здесь могут быть:

1. Принятие приведенного модуля деформаций растворного шва с учетом процента его армирования металлическими стержнями %.

2. Уменьшение неоднородности и неравномерности деформативных свойств растворной постели по длине камня от возможно максимального $\gamma_к^{\max}$ к возможно минимальному $\gamma_к^{\min}$ значениям, т.е. от 2 к 1,5.

3. Снижения действия эффекта обоймы по линейному закону от расположения горизонтальных сеток к рассматриваемому сечению.

Приведенный модуль начальной упругости армированного растворного шва определяетсятак

$$E_p^{пр} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon} \qquad (21)$$

Коэффициент неравномерности и неоднородности армированной растворной постели равен $\gamma_к^{\min}$ =1,5. Снижение действия эффекта "обоймы" Ѳ по высоте кладки от армированного шва приведено на рис. 6 и равно Ѳ=y/39.

Использование принятых новых характеристик деформативно-прочностных свойств [4] армированной кладки позволяет получать новые значения для использования расчетных зависимостей для определения растягивающих напряжений в камне и растворе, соответственно, без кардинального изменения структуры.

Аналогия изменения потребуется и для корректировки зависимости, отображающей растягивающие напряжения от сгиба камня. С учетом замены она трансформируется следующим образом.

Как показывают расчеты [3], при армировании кладки в каждом шве коэффициент сдерживания "обоймой" растягивающих напряжений равен 1,356, в каком втором ряду шве -1,00 и в третьем – только 0,323 в наиболее опасном сечении.

Заменяя значения на соответствующие и подставляя их в зависимости мы будем располагать математическим аппаратом для расчета армированной кладки из керамзитобетонных пустотелых камней на традиционных кладочных растворах.

Проведенные нами многочисленные машинные вычисления показали хорошую точность разработанной методики для расчета армированной кладки из пустотелых камней. При этом, при армировании кладки в каждом ряду ее прочность увеличивалась в 1,5 раза, через два ряда - в 1,3 раза и через три ряда - в 1,15 раз.

На основании всего вышеизложенного можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Разработанная на физической основе теория работы и методика расчета армированной и неармированной кладки из керамзитобетонных пустотелых камней является достаточно общей для широкого круга материалов, традиционно применяющихся для каменной кладки.

2. Она основана на использовании действительных деформативно-прочностных свойств материалов и является достаточно точной для проведения инженерных расчетов.

3. Прочность кладки теоретически должна определяться и по камню и по кирпичу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Онищик Л.И. Каменные конструкции. Госстройиздат, 1939, С. 36-81.

2. Поляков С.В. Длительное сжатие кирпичной кладки. Госстройиздат, 1959, С. 24-48.

3. Донченко О.М., Дегтев И. А. К развитию теории трещиностойкости и сопротивления кладки при сжатии. - М., 2000, С. 16-21.

4. Донченко О.М., Дегтев И.А., Савченко В.И. Прочность и трещиностойкость кладки при центральном сжатии. В кн.: Расчет строительных конструкций и сооружений. - М., 1983, С. 3-19.

5. Донченко О.М., Басов М.А., Ежеченко ДА. К продольному изгибу каменных конструкций при центральном сжатии // Промышленное и гражданское строительство. 2007. №8. С.32.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Евстратов В. А., д-р техн. наук, проф.,
Хальфин М. Н., д-р техн. наук, проф.,
Евстратова Н. Н., канд. техн. наук, доц.,
Рудь А. В., канд. техн. наук,
Апачанов А. С., канд. техн. наук
Шахтинский институт Южно – Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ШНЕКОВОГО ПРЕССА С ФОРМУЕМОЙ МАССОЙ

vae602@yandex.ru

Рассмотрены процессы, протекающие в массиве формуемой массы в винтовом канале шнекового пресса и на поверхностях ее контакта с рабочими органами пресса. Получена зависимость для определения формы поверхности скольжения в формуемой массе при различных условиях прессования.

***Ключевые слова**: шнек, пресс, поверхность скольжения, коэффициент трения, площадь винтового канала, давление, подача, формуемая масса.*

Основной операцией при производстве глиняного кирпича является формование, которое осуществляется на ленточных шнековых прессах. В настоящее время теоретическая интерпретация и математическое описание процессов взаимодействия рабочих органов винтовых прессов с глиняной массой не всегда адекватно отражают явления, происходящие на поверхностях контактов формуемой массы с рабочими органами и в массиве материала, что существенно затрудняет создание высокоэффективных ленточных прессов.

Рассмотрим элементарный объем материала, вырезанный из канала шнека, аналогично [1,3], с учетом координат точек приложения сил и нагрузок. Характер приложения нагрузок к рассматриваемому элементу материала, представляющего собой пластинку переменной толщины, а также небольшое различие между коэффициентами внешнего и внутреннего трения материала, позволяют предположить возможность появления в нем криволинейной поверхности скольжения, соединяющей края шнековой лопасти (рис.1). Максимальная поперечная сила действует на цилиндрической поверхности контакта материала с корпусом пресса. Однако существует ряд вогнутых криволинейных поверхностей вращения, соединяющих края шнековой лопасти, площадь которых меньше, чем площадь соответствующей цилиндрической поверхности. Если на какой-либо из этих поверхностей касательные напряжения в материале в направлении оси $Y1$ (рис.1) превысят предельно – допустимые, то произойдет относительное скольжение слоев материала, и весь материал разделится на две части. Приэтом часть материала, расположенная ближе к шнеку, будет вращаться по концентрическим окружностям, т. е. не будет иметь поступательного движения в направлении подачи, что отрицательно повлияет на эффективность функционирования шнекового пресса. Сдвиг в материале произойдет по поверхности, касательные напряжения на которой будут максимальными:

$$\tau = Q/S_M = \max. \qquad (1)$$

Величина касательных напряжений на любой криволинейной поперечной поверхности элемента материала зависит от площади этой поверхности S_M и от поперечной силы Q, действующей на этой поверхности в направлении оси $Y1$ (рис. 1).

Величина поперечной силы Q, действующей в сечении материала, зависит от формы этой поверхности (рис. 1) и может быть определена из уравнения

$$Q = F_{тр.в.} + 2F_{тр.л.} + \Delta P S'_к,$$

где $S'_к$ - площадь части канала шнека, ограниченная линией пересечения рассматриваемого

сечения материала с плоскостью $X1Z1$ (кривые 1, 2 и 3, рис. 2) и отрезками прямых $Z1 = r$, $X1 = -t/2$ и $X1 = t/2$; ΔP - разность давлений на переднюю и заднюю поверхности рассматриваемого элемента материала; $F_{тр.в.}$ - сила трения материала о вал шнека; $F_{тр.л.}$ - составляющая силы трения материала о лопасть шнека.

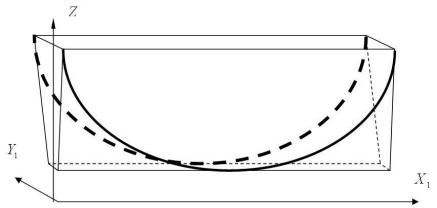


Рис. 1. Криволинейная поверхность скольжения в подаваемом материале

Так как площадь поперечного сечения канала шнека $S_к$ равна (рис.2)

$$S_K = \int_{-t\backslash 2}^{t/2} (R - r)dx,$$

то

$$S'_к = \int_{-t\backslash 2}^{t/2} (f(x) - r)dx$$

где $f(x)$ - функция, график которой является линией пересечения рассматриваемой поверхности с плоскостью $X1Z1$ (кривые 1, 2 и 3, рис. 2); t - шаг шнека; R - радиус лопасти шнека; r - радиус вала шнека.

Рассматриваемая поверхность образуется в результате движения некоторой кривой $z(x)$ по спиральной направляющей таким образом, что за один оборот вокруг оси X приходится ее смещение вдоль оси X на шаг t. Площадь этой поверхности можно определить по формуле [4]:

$$S_M = 2\pi \int_{-t/2}^{t/2} \sqrt{f^2(x) + T^2}\sqrt{1 + f'^2(x)}dx, \quad (5)$$

где $f'^2(x)$ - квадрат первой производной функции $f(x)$; $T = t/2\pi$.

С учетом симметрии рассматриваемого элемента материала относительно оси $Z1$ и уравнений равновесия [3] условие (1) можно записать в следующем виде:

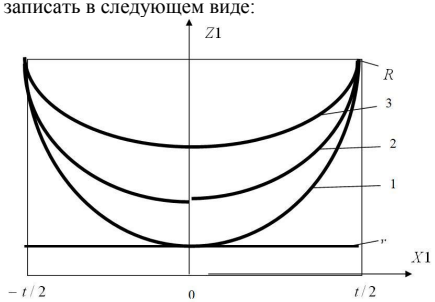


Рис. 2. Возможные формы проекций поверхностей скольжения в материале на плоскость X1Z1

$$\frac{\tau}{P} = \frac{2\pi n f_ш R r + \frac{n f_ш (R^2 - r^2)}{\sin\alpha} + 2\pi n R^2 f_ц f_ш \cos(\beta - \alpha)}{4\pi n \int_0^{t/2} \sqrt{f^2(x) + T^2}\sqrt{1 + f'^2(x)}dx} + \frac{\frac{2}{\mu}\ln\left|\frac{2\pi n a + P_0}{P_0}\right| \int_0^{t/2} (f(x) - r)dx}{4\pi n \int_0^{t/2} \sqrt{f^2(x) + T^2}\sqrt{1 + f'^2(x)}dx} = \max, \quad (2)$$

где α - угол подъема винтовой линии шнековой лопасти; μ - коэффициент бокового давления (распора); $f_ц$ - коэффициент трения материала о внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса пресса; $f_ш$ - коэффициент трения материала о шнек; β - угол между направлением движения материала и осью шнека; P_0 - давление на входе в шнек; a - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств формуемого материала и геометрических параметров шнека; n - число витков шнека.

Полученное уравнение позволяет определить форму поверхности скольжения в материале - $f(x)$. Анализ величин, входящих в (2), показывает, что $f(x)$ в общем случае зависит от коэффициентов трения материала о шнек и внутреннюю поверхность корпуса пресса, геометрических параметров шнека и отношения запирающего давления на выходе из шнекового пресса к давлению на входе в пресс.

Рассмотрим частный случай, когда запирающее давление на выходе из шнекового канала пресса отсутствует, т. е. давление на выходе равно давлению на входе в шнековый канал пресса. В этом случае второе слагаемое в (2) равно нулю, поперечные силы на любой криволинейной поверхности, соединяющей края лопастей шнека, одинаковы

$$Q = F_{тр.в.} + 2F_{тр.л.} = const,$$

и задача сводится к нахождению поверхности, площадь которой будет минимальной.

$$S_M = 4\pi n \int_0^{t/2} \sqrt{f^2(x) + T^2}\sqrt{1 + f'^2(x)}dx = \min.$$

Функция, график которой проходит через точки с координатами $(-t/2; R), (t/2; R)$ (рис. 2) и при движении по спиральной направляющей вокруг оси X со смещением вдоль оси X на шаг t, образует вогнутую поверхность с минимальной площадью, определена методами функционального анализа и вариационного исчисления и представляет собой цепную линию

$$y(x) = cch\frac{x}{\sqrt{c^2 + t^2}},$$

где $c = y(0) = y_0$ - константа; t - шаг винтовой линии шнека.

При решении уравнения (2) предварительно задавалась функция $z = f(x)$ в виде степенной функции $z = c + mx^n$ с различными коэффициентами. Исследование зависимости (2) с использованием вычислительной техники позволило установить влияние на форму поверхности сдвига в материале в канале шнекового пресса запирающего давления на выходе из шнека, свойств подаваемого материала и геометрических параметров рабочих органов пресса.

На рис. 3 представлены профили поверхностей сдвига материала в канале шнека при различных значениях запирающего давления на выходе из шнека и при следующих значениях геометрических параметров рабочих органов: радиус лопасти шнека $R = 0{,}2м$; радиус вала шнека $r = 0{,}05м$; угол подъема винтовой линии шнека $\alpha = 20^\circ$; число витков шнека $n = 4$. Анализ полученных результатов показывает, что форма поверхности сдвига материала в канале шнека зависит от отношения величин давлений на выходе и входе в шнековый пресс. При $P_0 = P_{вых.}$ (кривая $a = 0$, рис.3) поверхность сдвига в материале совпадает с поверхностью, имеющей минимальную площадь, линия пересечения которой с плоскостью XZ соединяет края лопасти и имеет общую точку с прямой $Z = r$. В этом случае, площадь части канала шнека, в которой подаваемый материал имеет поступательное перемещение, максимальна. На рис. 3 это площадь фигуры, ограниченной линиями $a = 0$ и $Z = R$.

С увеличением запирающего давления линии пересечения поверхностей скольжения материала с плоскостью XZ имеют более пологую форму, и пассивная область в канале шнека, заполненная материалом, не имеющим осевого перемещения в направлении подачи, увеличивается. Чем больше запирающее давление на выходе из шнека, тем большая часть материала движется по концентрическим окружностям и не имеет перемещения в направлении подачи. При определенном значении запирающего давления поступательное движение материала в шнеке прекращается (весь материал вращается вместе со шнеком).

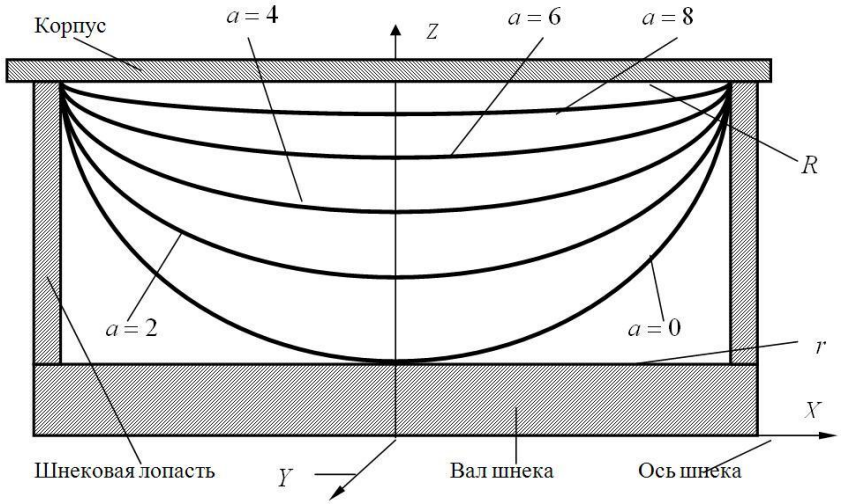


Рис. 3. Зависимость формы поверхности сдвига в материале в канале шнека от величины запирающего давления на выходе из пресса

Установление закономерностей движения материала в шнековом прессе с учетом возможности возникновения в нем поверхности скольжения имеет важное практическое значение, так как позволяет при проектировании шнековых прессов более обоснованно выбирать геометрические параметры рабочих органов и использовать различные конструктивные и структурные решения, обеспечивающие максимальную эффективность функционирования шнекового пресса с учетом свойств формуемой массы и запирающего давления на выходе из шнека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТуренкоА.В. Расчет глиноперерабатывающего оборудования и прессов пластического формования для производства керамических строительных изделий.– М.: МИСИ, 1985.-86с.

2. Ничипоренко С.П., АбрамовичМ.Д., КомскаяМ.С.О формовании керамических масс в ленточных прессах / С.П. Ничипоренко,– Киев: Наук.думка, 1971.- 234 с.

3. Загороднюк В.Т.,ЕвстратовВ.А., Евстратова Н.Н. Модули шнековых питателей и винтовых конвейеров робототехнических комплексов.– Ростов – н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. - 139 с.

4. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: В 2-х кн. – М.: Наука, 1985. 1008 с.

Федоренко М. А., д-р техн. наук, проф.,
Бондаренко Ю. А., д-р техн. наук, проф.,
Санина Т. М., канд. техн. наук, доц.,
Смирных А. П., аспирант,
Якубенко А. Н., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИСТАВНОГО ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

KDSM2002@mail.ru

В статье рассмотрены причины разрушения венцовых шестерен при эксплуатации. Предложен приставной зубофрезерный станок для обработки зубьев крупногабаритных зубчатых колес прямозубого зацепления, имеющий ряд преимуществ.

Ключевые слова: *приставной зубофрезерный станок, цементные вращающиеся печи, работоспособность, износ, поверхность трения.*

Одной из основных задач современного машиностроения является повышение надежности и долговечности деталей и сборочных единиц машин, которое необходимо в связи с возросшими требованиями к работоспособности, износостойкости, усталостной прочности, другим факторам. Поэтому возникает необходимость непрерывного совершенствования технологии обработки деталей машин. Особое внимание при этом обращается на обеспечение точности размеров и формы, качества поверхности обрабатываемых изделий [1].

В промышленности строительных материалов применяют вращающиеся печи. Существуют различные типы приводов вращения печей в зависимости от условий их эксплуатации. Различают приводы с геометрическим замыканием, в состав которых входит приводная шестерня и венцовая шестерня, которые используются для всех печей с двумя и тремя опорными станциями, и с фрикционным приводом (опорные ролики - бандаж), которые применятся для печей с двумя опорными станциями.

Привод вращающейся печи состоит из следующих приводов: главного и вспомогательного. В качестве двигателей привода используются электродвигатели переменного или постоянного тока с регулируемым числом оборотов. Равномерная работа печи, требуемое зацепление с ведущей шестерней обеспечивается тем, что венцовая шестерня на корпусе печи крепится с помощью тангенциальных пружин. Одинарный привод через венцовую шестерню с двумя ведущими подвенцовыми шестернями может работать с одним главным двигателем. Для вращающихся печей на двух опорных станциях применяют привод, заключающийся в передаче крутящего момента бандажу через опорные ролики. Гидравлические приводы, воздействующие непосредственно или через редуктор на приводные валы, так же обеспечивают плавную работу печи, но коэффициент полезного действия их меньше.

Венцы (венцовые шестерни) цементных печей – уникальные и оригинальные изделия по своим габаритам, сложности конструкции и используемым маркам стали, их диаметр достигает восьми метров, ширина до одного метра, а масса готового изделия до 60 тонн. При эксплуатации венцовые шестерни испытывают большие нагрузки. Вследствие эксплуатации вращающихся печей на венцовую пару действуют циклические и динамические нагрузки, приводящие к поломке зубьев, усталостному выкрашиванию и задиру рабочей поверхности зубьев. Вследствие чего происходит разрушение зубьев венцовой шестерни, уменьшение площади пятна контакта боковых поверхностей зубьев, которое приводит к нарушению плавности работы зубчатого соединения, появлению шума и дальнейшей потере работоспособности передаточного механизма. Следовательно, для восстановления работоспособности необходимо восстановить требуемую форму зубьев венцовой шестерни с обеспечением заданной точности размером, для этого следует использовать необходимое оборудование.

Точности обработки профиля зуба прямозубого зацепления венцовой шестерни достигается тем, что при обработки применяют приставной зубофрезерный станок, на рис.1 показаны вид станка спереди и вид станка сбоку.

Приставной зубофрезерный станок для обработки зубьев крупногабаритных зубчатых колес прямозубого зацепления [2] содержит корпус 1 с механизмами продольного перемещения 2 и вращения 3 фрезы 4. В корпусе станка имеются четыре регулируемых опоры 5, при помощи которых станок выставляется и крепится на

корпусе зубчатого колеса 6 относительно поверхности обрабатываемого зуба.

Станок работает следующим образом. Корпус станка 1 регулируемыми опорами 5 и фрезой 4 при установке выставляется относительно обрабатываемой поверхности зуба и закрепляется на зубчатом колесе 6. Выверка правильности установки станка относительно обрабатываемой поверхности зуба производится пробным проходом фрезы по длине зуба, после положительного результата производится окончательное закрепление станка. Фреза получает вращение от механизма вращения фрезы 3, а перемещение вдоль обрабатываемой поверхности зуба – от механизма продольного перемещения 2.

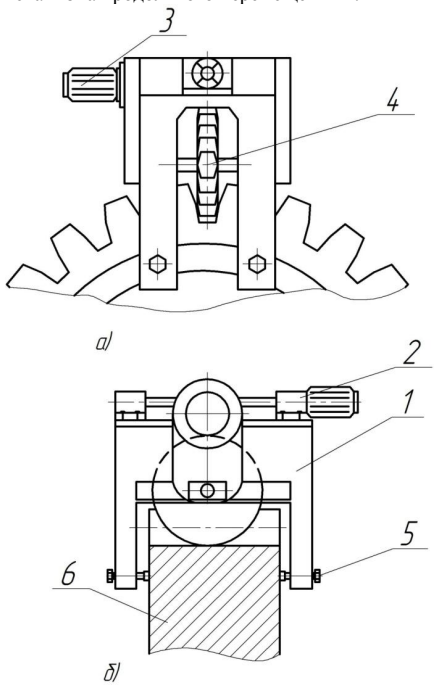


Рис.1. Приставной зубофрезерный станок:
а – вид спереди; *б* – вид сбоку

Использование предлагаемого приставного зубофрезерного станка для обработки зубьев крупногабаритных зубчатых колес прямозубого зацепления, имеет следующие преимущества:

1. Обеспечивает высокую точность профиля зуба, точность его расположения и требуемую шероховатость поверхности.
2. Позволяет обрабатывать поверхности наплавленных и вставных зубьев.
3. Обеспечивает обработку зубьев различной длины, модуля и диаметра зубчатого колеса.
4. Конструкция станка позволяет обрабатывать зубья колес на месте их эксплуатации, т.е. без демонтажа.
5. Значительно сокращается срок обработки, уменьшаются затраты и простой оборудования, что позволяет дополнительно выпускать продукцию, а, следовательно, снижается себестоимость за счет уменьшения ремонтных простоев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоренко М.А. Конструктивно-технологические методы и способы восстановления работоспособности цементных вращающихся печей: монография. Белгород, изд-во БГТУ, 2007. 193 с.

2. Пат. 103505 Российская Федерация, МПК B 23 F 1/06. Приставной зубофрезерный станок / Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М.; заявитель и патентообладатель Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2010146620/02.; заявл. 16.11.10; опубл. 20.04.11. Бюл. № 11. – 2 с.

3. Федоренко М.А. Механическая обработкакрупногабаритныхповерхностейвращения без их демонтажа в условиях эксплуатации // Технология машиностроения. 2008. № 10. С. 14-16.

4. Федоренко М.А.,ПогонинА.А., Схиртладзе А.Г. Восстановление крупногабаритных зубчатых зацеплений приставнымфрезерным станочным модулем // Ремонт, восстановление, модернизация. 2009. № 12. С. 9-11.

Тарасюк А. П., д-р техн. наук,
Самчук В. В., аспирант
Украинская инженерно-педагогическая академия

О НАПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПКМ)

prorekt_ucheb@uipa.kharkov.ua

В статье авторы предлагают направление о проектировании оборудования для механической обработки полимерных композитных материалов, которое заключается в соблюдении некоторых законов механики, исключающие возмущающие факторы, благодаря чему можно получить более эффективную обработку изделий (повысить качество обработанных поверхностей, увеличить производительность, обеспечить высокий уровень надежности работы механических систем оборудование и многое другое).

Ключевые слова: *оборудование, механическая обработка, полимерные композитные материалы, законы механики.*

Машиностроение являются фундаментом экономического потенциала страны и отыгрывает важнейшую роль в реализации достижений научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства. Усовершенствование машиностроительной отрасли тесно связанно с развитием механообрабатывающего станкостроения, поскольку эти станки вместе с некоторыми другими видами технологических машин обеспечивают изготовление любых новых видов оборудования.

Возрастающие требование у наибольших потребителей (аэрокосмическая, автомобильная, судостроительная, строительная отрасли) изделий из полимерных композитов к их высокому качеству и точности обработанным поверхностям,

Возрастающие требование у наибольших потребителей (аэрокосмическая, автомобильная, судостроительная, строительная отрасли) к все более высокой точности и качеству обработанным поверхностям изделий из полимерных композитов, ставит эту цель одну из приоритетных в механообрабатывающих цехах. Так как механическая обработка резанием на сегодняшний день является передовым методом обеспечения точности и качества поверхностей деталей из ПК, и остается универсальным методом размерной обработки, которая позволяет обрабатывать поверхности заготовок различной формы и размеров при этом имея малую энергоемкость и достаточно высокую производительность с минимальной себестоимостью изделий, и на фоне надежности процесса, всё это ставит механический метод обработки на первое место, как наиболее используемый в промышленности процесс изготовления и достижения поставленных целей по эффективности обработки деталей машин из ПКМ.

Постоянный поиск новых решений для достижения прецизионности, высокой производительности, надежности работы, экономичности и других требований современного рынка, приводит к постоянному изменению моделей станков, к непрерывному появлению конкурирующих конструкций. Особую нишу, которых заняли станки для обработки ПКМ, обладающие особыми свойствами не присущие для традиционных металлических материалов. Например, в отличии от металлорежущих станков станки для обработки ПКМ должны быть по мощности уменьшены в несколько раз, при этом диапазоны чисел оборотов шпинделей должны быть увеличены в более чем 10 раз, а величины механических подач уменьшены в десяток раз.

Основные направления по модернизации физически и морально устаревшего отечественного станочного металлорежущего парка, которое вопреки всему продолжают эксплуатировать на отечественных предприятиях или создания абсолютно нового станка для обработки ПКМ сведены к:

- увеличение производительности, что является главной задачей при создании любых обрабатывающих станков или целых станочных систем. Ныне главное средство при достижении высоких показателей производства применяют автоматизацию процессов станочного оборудования с концентрацией операций, альтернативы которой на сегодняшний день пока нет;

- получение высокой точности изготовленных изделий, что является одним из основных показателей станка, который выражается в их способности обеспечить в готовом изделии заданную точность размеров, формы и взаимного положения обработанных поверхностей, их волнистость и шершавость, а также стабильность этих показателей в заданных границах. Традиционно точность механообрабатывающих стан-

ков обеспечивалась соответствующей точностью изготовления его основных деталей, точностью сборки и регулирования, а также жесткостью элементов, износостойкостью опор и направляющих, стабильностью формы и размеров базовых и корпусных деталей. Кроме того для повышения точности станков целенаправленно используют специальные устройства и системы для компенсации систематических погрешностей в конкретном экземпляре механообрабатывающего станка или для управления точностью обработки. В этих системах используют устройства микропроцессорного управления и высокоточные датчики линейных и угловых перемещений;

- переналаживаемость станков, что является одним из главных потребительских свойств оборудования и подразумевает возможность их переналадки на изготовление различных изделий или для выполнения различных операций касающихся конкретных требований непостоянной производственной ситуации у потребителей при серийном производстве;

- надежности работы, которая для современных станков является необходимым условием их использования. Прежде всего, это достигается путем повышения надежности функционирование механических элементов станков. И на первую ступеньку выходят подшипниковые узлы, направляющие, передачи. Широкое использование новых материалов и покрытий. Снижение динамических погрузок за счет уменьшения перемещающихся масс.

- нормам промышленной санитарии. Так как большая часть ПКМ при их механической обработке выделяют вредные вещества (пыль, газы), которые негативно воздействуют на организм человека, то станки оснащают средствами местной вентиляции.

Анализ современного оборудования по механической обработке ПКМ показал, что достижение всех этих важных критериев в одной рабочей единице и при дальнейшем сохранении их высоких начальных параметров очень сложно, так как в процессе эксплуатации механообрабатывающее оборудование, протекают в нем статические и динамические процессы, вызванные возмущающими факторами в роли которых выступают силы и крутящие моменты, существенно влияют на его важнейшие качества.

В роботах [1, 2, 3] авторы рассматривают одно из направлений уменьшения вынужденных колебаний и упругих деформаций технологической системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь) механообрабатывающего оборудования, которые в большинстве вызваны статической и динамической нагрузкой результирующей силой резание.

Также был запатентован ряд полезных моделей [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], конструкции которых направленные на уравновешивания возмущающих источников, в роли которых выступают составные силы резания.

Силы и крутящие моменты, которые возникают в процессе работы механообрабатывающего станка, разделяют на следующие группы:

- силы и моменты, вызванные работой двигателя. Силы и моменты приложены к ведущим звеньям приводов станка.

- силы и моменты полезного сопротивления – силы резания и прочие силы и моменты рабочих процессов. Приложенные в зоне резания или в рабочей зоне к инструменту и заготовке, а через них – к звеньям станка, которые называют ведучими (шпиндель, суппорт, стол).

- силы и моменты вредного сопротивления – силы трения, сопротивление среды и т.п. Приложены в местах контакта звеньев станка со средой или с другими звеньями и направлены против движущихся сил.

- силы взаимодействия между звеньями станка или механизмами (в кинетических парах).

- динамические силы, в том числе силы инерции и моменты инерционных сил, роль этих сил возрастает с ростом ускорения.

Все эти группы сил и крутящих моментов, которые вызваны рабочими процессами, деформируют упругую систему станка и в той или другой мере становятся основными причинами типичных погрешностей формы деталей обрабатываемых на станках: эксцентричность тел вращения; не круглость; конусность; не прямолинейность образующих; не плоскостность; не перпендикулярность или не параллельность осей отверстий базовым поверхностям; погрешности шагу обрабатываемых винтов; погрешности зубчатых колес; волнистость; шершавость поверхности и возникновение вибраций, шума и т.п.

Для уменьшения упругих перемещений необходимо при конструировании оборудования для механической обработки ПКМ придерживаться:

1. Закона сохранения движения центра масс. Из теоремы о движении центра масс механической системы ($m\bar{a}_c = \sum \bar{F}_k^e$) можно получить следующее:

- если сумма внешних сил, которые действуют на систему, равняется нулю ($\sum \bar{F}_{ke} = 0$

), тогда ускорение центра масс равняется нулю ($\bar{a}_c = 0$) или $\bar{V}_c = const$.

Итак, если сумма всех внешних сил, которые действуют на систему, равняется нулю, то центр масс этой системы движется с постоянной по модулю и направления скоростью, то есть равномерно и прямолинейно. В частности, если сначала центр масс был в покое, то он и останется в покое. Действие внутренних сил, как мы видим, движение центра масс системы изменить не может.

- если сумма внешних сил, которые действуют на систему, не равняется нулю, но эти силы такие, что сумма их проекций на какую-нибудь ось (например, ось $\hat{I}\tilde{o}$) равняется нулю ($\sum F_{kx}^e = 0$), тогда из уравнения

$$m\ddot{x}_c = \sum F_{kx}^e = 0,$$

следует, что $\ddot{x}_c = 0$ или $V_{cx} = const$.

Итак, если сумма проекций всех действующих внешних сил на какую-нибудь ось равняется нулю, то проекция скорости центра масс системы на эту ось есть величина постоянная. В частности, если в начальный момент $V_{cx} = 0$, то и в любой следующий момент $V_{cx} = 0$, то центр масс системы в этом случае вдоль оси перемещаться не будет ($x_c = const$).

Все эти результаты выражают собою закон сохранения движения центра масс системы.

2. Закон сохранения количества движения. Пусть сумма всех внешних сил, которые действуют на систему, равняется нулю $\sum \bar{F}_k^e = 0$. Тогда из уравнения $\frac{d\bar{Q}}{dt} = \sum \bar{F}_k^e$ следует, что при этом $Q = const$.

Таким образом, если сумма всех внешних сил, которые действуют на систему, равняется нулю, то вектор количества движения системы будет постоянный по модулю и направления.

Пусть внешние силы, которые действуют на систему, такие, что сумма их проекций на какую-нибудь ось (например $\hat{I}\tilde{o}$) равняется нулю $\sum F_{kx}^e = 0$. Тогда из уравнения $\frac{dQ_x}{dt} = \sum F_{kx}^e$, следует, что при этом $Q_x = const$.

Таким образом, если сумма проекций всех действующих внешних сил на какую-нибудь ось равняется нулю, то проекция количества движения системы на эту ось есть величина постоянная.

3. Закон сохранения кинетического момента системы. Если главный момент внешних сил системы относительно неподвижного центра $\hat{I}$ равняется нулю, то есть $\bar{M}_O^e = 0$, то кинетический момент системы $\bar{K}_O$, относительно этого центра остается постоянным по модулю и направления, то есть $\bar{K}_O = \overrightarrow{const}$.

Если сумма моментов всех внешних сил системы относительно некоторой неподвижной оси Ox равняется нулю ($\sum M_x\left(F_x^e\right) = 0$), то $K_x = const$.

Итак, кинетический момент системы относительно любой координатной оси постоянный, если сумма моментов внешних сил относительно этой оси равняется нулю, что, в частности, наблюдается, если внешние силы параллельны, или оси пересекают ее. В частном случае для тела или системы тел, что все вместе могут вращаться вокруг неподвижной оси, и если при этом $\sum M_z\left(F_z^e\right) = 0$, то $K_z = J_z\omega = const$ или $J_z\omega = J_{z0}\omega_0$.

Выше указанные законы, на примере можно применить при изготовлении резьбовой шпильки из ПКМ (рис. 1). Необходимо чтобы изделие было не подвижно, а угловая скорость и соответственно моменты инерции режущих элементов должны быть постоянны и одинаковы величины ($^2_1 = ^2_2 = const$, $\omega_1 = \omega_2 = const$); масса режущих элементов одинаковой величины ($m_1 = m_2 = const$); подача режущих элементов должны направляться одна на встречу другой и иметь одинаковую величину ($S_1 = S_2 = const$) и равная скорость резания ($V_1 = V_2 = const$).

Для понимания уравновешивания сил и моментов, которые действуют на изделие, например, резьбовую шпильку со стороны режущих элементов (резьбовых головок), составим шесть уравнений равновесия, определив реакции и моменты возникающие в зажимном приспособлении: $\sum F_X = 0$: $X_A = 0$; $\sum F_y = 0$: $Y_A = 0$; $\sum F_z = 0$: $Z_A = 0$; $\sum M_x = 0$: $M_{\tilde{o}} = 0$; $\sum M_y = 0$: $M_y = 0$; $\sum M_z = 0$: $M_z = 0$. Как мы видим, что все усилия приравниваются к нулю.

Сопоставив полученные практические результаты после проведения вышеуказанного эксперимента с результатами классического нарезания резьбы на заготовках из ПКМ, можно утверждать о том, что значительно повышается эффективность механической обработки ПКМ по ряду качественных показателей.

Также можно применить некоторые из этих законов, как один из вариантов, при механической обработке концов труб из ПКМ, являясь очень ответственная операция, так как от из-

бранного метода и технологии обработки зависит качество дальнейшего монтажа этого изделия и будущей эксплуатации.

Устройство для комплексной обработки концов труб из ПКМ (рис. 2) работает следующим образом. С вращением приводного конического колеса 19 (рис. 2, а) оно передает вращение внутренней 4 и внешний 17 режущим головкам, а они в свою очередь предоставляют движение режущим элементам 7, 8, 21, 22, метчику 20 и плашке 6.

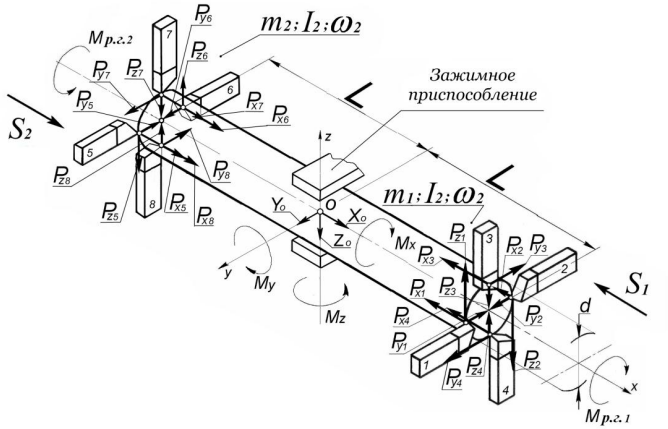


Рис. 1. Расчетная схема нарезания резьбы на неподвижной заготовке из ПКМ резьбовыми головками с восьмью режущими элементами

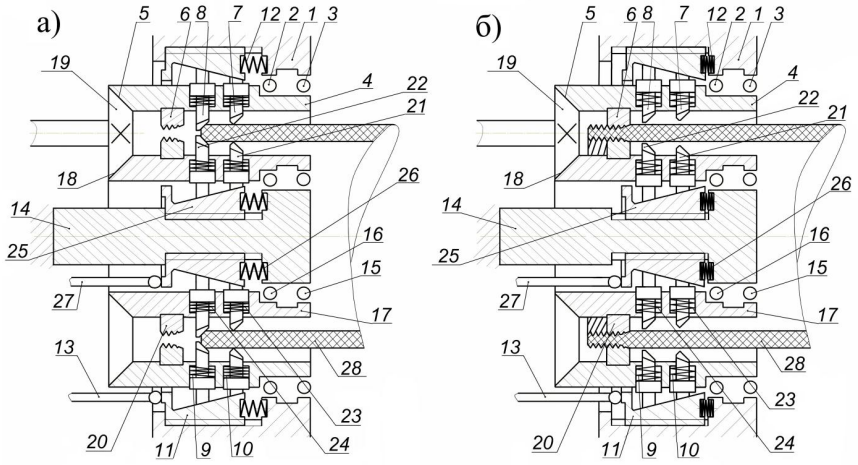


Рис. 2. Устройство для механической обработки концов труб из ПКМ:
а) продольный разрез устройства в момент розточки и нарезания фасок; б) в момент нарезания резьбы

При подаче трубы 28 в рабочую зону ее одновременно начинают обрабатывать расточные режущие элементы 21 и внешние проходные режущие элементы 7, после того, как труба 28 подойдет к подрезным режущим элементам 8, 22 и они нарежут внутреннюю и внешнюю фаски, то в тоже время кулачки 13 и 27 передвигают конические втулки 11 и 25 сжимая пружины 12, 26. Так как все режущие элементы 7, 8, 21, 22 прижаты пружинами 9, 10, 23, 24 к конической поверхности втулок 11, 25, то при их передвижении режущие элементы 7, 8, 21, 22 отходят от поверхностей трубы 28, которая при дальнейшем движении попадает на метчик 20, которое

нарезает внутреннюю резьбу и на плашку 6, которое нарезает внешнюю резьбу.

После нарезания резьбы, приводному коническому колесу 19 предоставляется вращение в противоположную сторону, для вывинчивания трубы 28 из метчика 20 и плашки 6 (рис. 2,б).

После того как труба выйдет из рабочей зоны, кулачки 13, 27 отходят от конусных втулок 11, 25, которые под давлением пружин 12, 26 становятся в свое начальное положение и благодаря этому режущие элементы 7, 8, 21, 22 становятся в свое начальное положение.

Использование предложенного устройства для обработки концов труб из ПКМ даёт возможность выполнения шести операций с одной установки, что увеличивает производительность труда; повышает качество поверхностей обработанного изделия; возможность обрабатывать тонкостенные трубы из ПКМ и уменьшить усилия ее зажима за счет компенсирования крутящих моментов действующие на трубу со стороны режущий элементов.

Итак, предлагаемое направление проектирования оборудования для механической обработки полимерных композитных материалов, которое заключается в соблюдении закона сохранение движения центра масс, закона сохранения количества движения и закона сохранение кинетического момента системы, можно получить более эффективную механическую обработку детали (увеличит производительность, обеспечит высокий уровень надежности работы механических систем оборудование, снизит уровень вибрации механических систем и шума и т.п.).

Также было предложено устройство для механической обработки концов труб, которое позволяет выполнения шести операций с одной установки, что увеличивает производительность труда; повышает качество поверхностей обработанного изделия; возможность обрабатывать тонкостенные трубы из ПКМ и уменьшить усилия ее зажима за счет компенсирования крутящих моментов действующие на трубу со стороны режущий элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сичов Ю.І. Один з напрямків розробки безвібраційних обробних комплексів / Ю.І. Сичов, Б.Г. Лях, В.І. Неко, В.В. Самчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Х.: Технологический Центр. 2010. № 2/5 (44) с. 38-41.

2. Сичов Ю.І. Розробка безвібраційних обробних комплексів / Ю.І. Сичов, А.П. Тарасюк, Б.Г. Лях, В.В. Самчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: Технологический Центр. 2011. № 3/7 (51) с. 46-49.

3. Сичов Ю.І. Пристрій для обробки кінців труб / Ю.І. Сичов, А.П. Тарасюк, Б.Г. Лях, В.І. Неко, В.В. Самчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: Технологический Центр. 2010. № 5/5 (47) с. 24-29.

4. Патент на корисну модель UA 49739 U. МПК B23B 5/08. Пристрій для обробки кінців труб / Ю.І. Сичов, Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 16.11.2009; Опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9. 2010р. – 3с.

5. Патент на корисну модель UA 57132 U. МПК B23B 5/08. Пристрій для обробки кінців труб / Ю.І. Сичов, Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 26.07.2010; Опубл. 10.02.2011, Бюл. № 3. 2011р. – 4с.

6. Патент на корисну модель UA 61435 U. МПК B23B 5/12. Пристрій для безцентрової обробки циліндричних деталей / Ю.І. Сичов, А.П. Тарасюк, Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 09.11.2010; Опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. 2011р. – 4с.

7. Патент на корисну модель UA 61430 U. МПК B23B 29/00. Пристрій для розточування отворів / Ю.І. Сичов, А.П. Тарасюк, Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 09.11.2010; Опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. 2011р. – 4с.

8. Патент на корисну модель UA 61433 U. МПК B23D 45/00. Пристрій для розпилювання матеріалу / Ю.І. Сичов, А.П. Тарасюк, Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 09.11.2010; Опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. 2011р. – 4с.

9. Патент на корисну модель UA 63270 U. МПК B23B 5/08. Пристрій для обробки кінців труб / Ю.І. Сичов, А.П. Тарасюк, М.К. Кравцов, Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 21.01.2011; Опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19. 2011р. – 4с.

10. Патент на корисну модель UA 71147 U. МПК B23B 5/08. Пристрій для обробки кінців труб / Ю.І. Сичов, М.К. Кравцов, А.П. Тарасюк, , Б.Г. Лях, В.В. Самчук. Заявл. 09.11.2011; Опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. 2011р. – 6с.

11. Проников А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т. 1: Проектирование станков / А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Аполлонов и др., Под общ. ред. А.С. Проникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э Баумана: Машиностроение, 1994. – 444с.

Богданов В. С., д-р техн. наук, проф.;
Фадин Ю. М., канд. техн. наук, проф.;
Латышев С. С., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУБНОЙ МЕЛЬНИЦЫ, ОСНАЩЕННОЙ ВНУТРИМЕЛЬНИЧНЫМ КЛАССИФИЦИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

lat.sergej@gmail.com

В статье представлена методика определения производительности трубной мельницы оснащенной внутримельничным устройством. Рассмотрены основные эффекты влияния устройства на процесс измельчения в помольном агрегате.

Ключевые слова: *цемент, помол, трубная мельница, рецикл, классификация, внутримельничное устройство, радиальный лифтер, движение.*

Не смотря на появление новых строительных материалов одним из основных является цемент. В последнее время объемы его производства и потребления растут.

2012 год для цементной промышленности России стал рекордным. Впервые за 20 лет годовой объем производства цемента превысил отметку в 60 млн. т. Прирост объемов производства по сравнению с 2011 г. составил 10 % [1].

Рис.1. Объемы производства цемента в России в 2007-2012 гг.

Кроме этого в июне, июле и августе 2013 г поставлен еще один рекорд, впервые ежемесячные объемы производства превысил отметку 7 млн. т. За первое полугодие 2013 г прирост объемов производства цемента по сравнению с аналогичным периодом 2012 г уже составил 7,2 %.

Однако наращивание объемов производства отстает от роста потребностей внутреннего рынка, что в первую очередь связанно с состоянием производственных мощностей. По различным оценкам износ активной части основных фондов на большинстве предприятий превысил 70 %. В эксплуатации находится оборудование со сроком службы более 30 лет. В такой ситуации конечная стоимость цемента является высокой, что приводит к увеличению его импорта

Себестоимость составляет порядка 50-60 % от конечной цены российского цемента, наибольшую долю занимают энергозатраты, в том числе затраты на измельчение клинкера и добавок. Традиционно на этом переделе технологического процесса используются трубные мельницы, которые зарекомендовали себя как высокопроизводительный и надежный агрегат. Основным недостатком трубных мельниц является высокое энергопотребление при низком коэффициенте полезного действия.

В работах [2, 3, 4] рассмотрены предложения по повышению эффективности измельчения материалов в трубных шаровых мельницах за счет разрушения застойных зон и интенсификации движения мелющих тел с помощью внутримельничных энергообменных устройств.

Повысить эффективность работы агрегата можно также с помощью внутримельничного устройтсва, которое позволяет организовать внутри камеры помола рецикл измельчаемого материала, его классификацию и вывод готовых частиц из зоны измельчения. В ходе промышленных испытаний данного устройства на ЗАО «Белгородский цемент» получены результаты, которые позволили эксперименталь-

$$Q = 5{,}05 \cdot D_{П}^{2,5} \cdot L_{П} \cdot \psi \cdot \varphi^{0,8} \cdot \gamma_{МТ} \cdot b \cdot K_{ТП} \cdot K_{А}, \text{ (кВт)}, \quad (1)$$

где $D_{П}$, $L_{П}$ – полезные диаметр и длина барабана мельницы, м; ψ – относительная частота вращения барабана мельницы; φ – коэффициент заполнения барабана мельницы мелющими телами и материалом; $\gamma_{МТ}$ – насыпная плотность мелющих тел, т/м^3; b – удельная производительность мельницы, т/кВт·ч; $K_{ТП}$ – поправочный коэффициент на тонкость помола; $K_{А}$ – коэффициент аспирации.

Изменение производительности трубной мельницы, оборудованной внутримельничным устройством связанно с рядом причин. Одной из них является увеличение среднего времени пребывания материала в зоне измельчения, что приводит к повышению его тонкости помола. При заданном качестве продукта это позволяет повысить производительность.

Эффект от увеличения среднего времени пребывания материала в зоне измельчения учтём с помощью переходного коэффициента тонкости помола.

Изменение среднего времени измельчения материала рассчитывается согласно выражения:

$$\Delta t_{СР} = \frac{\sum_{j=1}^{z}\left(L_{У} - l_{j}\right)}{\upsilon_{ср} \cdot z} \cdot k_{Q}, \quad (2)$$

где $L_{У}$ – длина внутримельничного устройства, м; l_{j} – расстояния от торца внутримельничного устройства обращенного к разгрузочной решетке до осей лифтеров, м; $\upsilon_{ср}$ – средняя скорость движения материала в камере помола, м/с; z – количество лифтеров внутримельничного устройства; k_{Q} – коэффициент характеризующий отношение расхода материала через внутримельничное устройство к его расходу через мельницу.

В соответствии с уравнением С.Е. Андреев [7], описывающим содержание крупного класса в зависимости от продолжительности размола, изменении остатка на сите №008 связанное с влиянием внутримельничного устройства определим с помощью выражения:

но подтвердить полученные математические зависимости для определения производительности трубной мельницы оснащенной внутримельничным устройством [5].

Для определения производительности трубной мельницы оборудованной внутримельничным устройством было выбрано уравнение, которое в В.З. Пирощкий своей работе [6] рекомендует использовать на практике:

$$\Delta R = R_{ТРЕБ} \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_{СР}^{m}}, \quad (3)$$

где $R_{ТРЕБ}$ – требуемое в соответствии с регламентом содержание крупного класса в готовом продукте мельницы, %;

k – параметр, характеризующий относительную скорость измельчения;

m – параметр, характеризующий изменение относительной скорости измельчения.

Параметр k и m рассчитываются по формулам:

$$k = \frac{\lg(R_1 / R_2)}{t_{1-2}^{m}}; \quad (4)$$

$$m = \frac{\ln\left(\frac{\lg(100/R_2)}{\lg(100/R_1)}\right)}{\lg(t_2/t_1)} = \frac{\lg\left(\frac{\ln(100/R_2)}{\ln(100/R_1)}\right)}{\ln(t_2/t_1)}. \quad (5)$$

Тогда поправочный коэффициент на тонкость помола с учетом влияния внутримельничного устройства определяется выражением:

$$K'_{ТП} = \left(0{,}434 \cdot \ln\frac{R_0}{R_{ТРЕБ} + \Delta R}\right)^{-1/m}, \quad (6)$$

где R_0 – содержание фракции +0,080 мкм в исходном продукте, %.

Поправочный коэффициент тонкости помола изменяется при изменении коэффициента загрузки мельницы, так как в таком случае изменяется «классическая» производительность трубной мельницы, а следовательно изменяется коэффициент k_{Q}, что приводит к изменению среднего времени пребывания материала в мельнице.

Немаловажной причиной изменения производительности является увеличение доли материала, выносимого из трубной мельницы с потоками аспирационного воздуха. Это связано с дополнительным байпасом материала из полости трубошнека. При высыпании загрузки из лифтеров в полость трубошнека происходит интенсивное «продувание» ее потоками аспирационного воздуха, пылеунос происходит также и с загрузки, движущейся по тракту трубошнека внутримельничного устройства.

Для того чтобы учесть воздействие этого эффекта на производительность трубной мельницы воспользуемся корректировкой коэффициента аспирации в формуле (1.21).

Классический коэффициент аспирации является эмпирическим и выбирается в зависимости от скорости аспирационных потоков в барабане трубной мельницы. Он учитывает прирост производительности за счет выноса материала потоками аспирационного воздуха.

Учитывая, что в полости трубошнека внутримельничного устройства «продуванию» подвергается только k_Q –ая часть расхода материала через мельницу, а также, что эффективность аспирации в внутримельничного устройства выше в 1,4– 1,6 раза получаем выражение коэффициента аспирации для трубной мельницы оборудованной внутримельничным устройством:

$$K_{A\,ВКУ} = K_A + (K_A - 1)\cdot k_Q \cdot 1.5, \qquad (7)$$

где K_A – классический коэффициент аспирации.

Однако воздействие внутримельничного устройства на производительность трубной мельницы не ограничивается положительными моментами. Существует граничное значение коэффициента загрузки $\varphi_Г$ камеры тонкого помола, при котором происходит контакт мелющих тел и трубошнека внутримельничного устройства. Очевидно, что при более высоких коэффициентах загрузки в контакт вступает большая часть мелющих тел вследствие чего резко снижается их способность измельчать.

Основной процесс измельчения, при каскадных режимах работы загрузки осуществляется в ее скатывающихся слоях. Согласно методике определения контуров поднимающихся и скатывающихся слоев при каскадном режиме представленной Д.К.Крюковым [8] в сечении соответствующем углу поворота загрузки относительно вертикали ширина потока скатывающихся слоев равна половине высоты сегмента загрузки, т.е. основная работа по измельчению совершается потоком, характеризующимся шириной 0,5 Н, где Н – высота сегмента загрузки.

Ширину потока контактирующего с трубошнеком внутримельничного устройства можно определить вычитанием из высоты сегмента загрузки разницы между внутренним радиусом барабана мельницы и внешним радиусом трубошнека.

Анализ данных, полученных при исследовании кинематики загрузки в трубной мельнице на модели мельницы с прозрачным дном показывает, что уровень величины высоты сегмента загрузки при работе мельницы увеличивается на 12 – 17 % в зависимости от коэффициента заполнения. Этот факт необходимо учесть при определении ширины потока мелющих тел контактирующих с трубошнеком внутримельничного устройства путем увеличения высоты сегмента загрузки на 15 %.

Необходимо также учесть, что контакт происходит по длине мельницы соответствующей длине трубошнека внутримельничного устройства, т.е. падение эффективности измельчения происходит пропорционально отношению длины трубошнека к длине камеры помола.

Учтем отрицательный эффект воздействия внутримельничного устройства в формуле (1.21) с помощью коэффициента эффективности:

$$K_{Эф} = 1 - \frac{H\cdot 1{,}15 - \frac{D_П - D_{ВКУ}}{2}}{\frac{H\cdot 1{,}15}{2}} \cdot \frac{L_{ВКУ}}{L_{П2}}. \qquad (8)$$

После преобразований получаем:

$$K_{Эф} = 1 - \left(2 - \frac{D_П - D_{ВКУ}}{H\cdot 1{,}15}\right)\cdot \frac{L_{ВКУ}}{L_{П2}}. \qquad (9)$$

Высоту сегмента загрузки для 0,12 < φ < 0,88 с достаточной для инженерных расчетов точностью можно определить выражением [6]:

$$H = 1{,}68\cdot(\varphi + 0.1)\cdot\frac{D_П}{2}. \qquad (10)$$

С учетом (2.87) выражение (2.85) принимает вид:

$$K_{Эф} = 1 - \left(2 - \frac{D_П - D_{ВКУ}}{1.68\cdot(\varphi + 0.1)\cdot\frac{D_П}{2}\cdot 1.15}\right)\cdot\frac{L_{ВКУ}}{L_{П2}}. \qquad (11)$$

На рисунке 22 представлено сопоставление результатов расчета трубной мельницы Ø3х14м, оборудованной внутримельничного устройства без учета его воздействия (классический вариант), с учетом воздействия внутримельничного устройства (разработанная методика) и экспериментальные данные, полученные на ЗАО «Белгородский цемент».

Кривая характеризующая зависимость Q от φ в соответствии с разработанной методикой носит экстремальный характер. Функция достигает максимума при φ = 0,23. Это значение является граничным, т.е. определяет наименьший коэффициент загрузки камеры помола, при котором между трубошнеком внутримельничного устройства и мелющими телами наблюдается контакт. С увеличением φ более 0,23 доля загрузки вступающей в контакт с трубошнеком внутримельничного устройства увеличивается, что приводит к снижению эффективности измельчения. Вследствие этого наблюдается падение производительности, а при φ ≈ 0,29 ее величина становится равной производительности определяемой по «классической» методике.

Из графиков видно, что предложенная методика расчета производительности позволяет учесть влияние внутримельничного устройства на процесс измельчения в помольном агрегате и дает оценку производительности агрегата более эффективно, чем классическая методика.

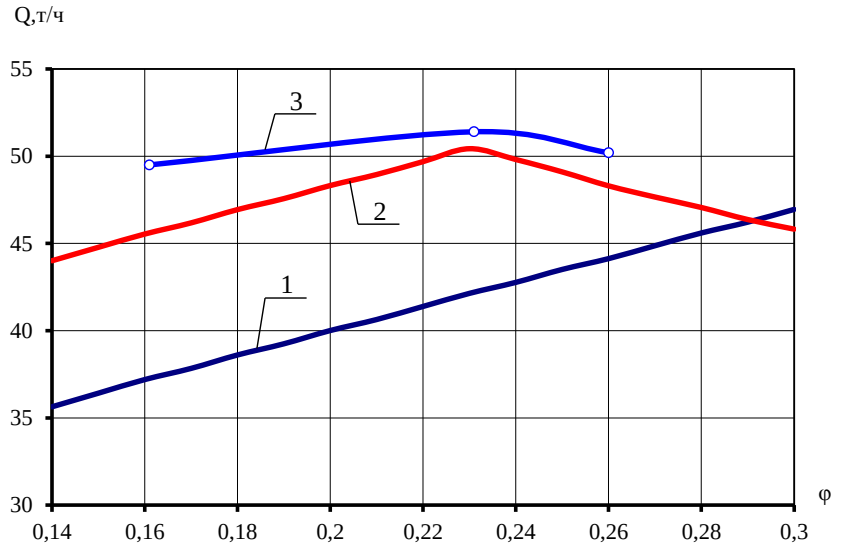


Рис. 2. Графики зависимости производительности Q от коэффициента загрузки φ:
1 – данные расчета по классической методике; 2 – данные расчета по предложенной методике;
3 –данные, полученные в ходе проведения промышленного эксперимента

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российский рынок цемента 2013 г. [Электронный ресурс] Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://alto-group.ru/aswf/007/files/assets/downloads/publication.pdf (дата обращения: 10.10.2013)

2. Богданов В.С., Ханин С.И. Определение основных параметров процесса мокрого измельчения сырьевых материалов в трубной мельнице // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 87-90.

3. Богданов В. С. Энергообменное устройство для шаровых барабанных мельниц // Стекло и керамика. 1985. № 6. С. 19-21.

4. Фадин Ю.М. Расчёт энергии передаваемой шароматериальной загрузке наклонной перегородкой в трубной шаровой мельнице // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С.62-64.

5. Повышение эффективности работы трубных мельниц открытого цикла измельчения / В.С. Богданов, Ю.М. Фадин, С.С. Латышев, Д.В. Богданов, О.Р. Соловьев // Цемент и его применение. 2005. №1. С.49-53.

6. Андреев С.Е. Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава.– М.: Металлургиздат, 1959. 427 с.

7. Пироцкий В.З. Цементные мельницы: технологическая оптимизация.– СПб.: Издательство Центра профессионального обновления «Информатизация образования», 1999. 145 с.

8. Крюков Д.К. Футеровки шаровых мельниц.– М.: Машиностроение, 1965. 184 с.

Глаголев С. Н., д-р экон. наук, проф.,
Севостьянов В. С., д-р техн. наук, проф.,
Гридчин А. М., д-р техн. наук, проф.,
Уральский В. И., канд. техн. наук, проф.,
Севостьянов М. В., канд. техн. наук, доц.,
Ядыкина В. В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕСУРСО-ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МОДУЛИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ*

msev31@mail.ru

Показана экономическая и экологическая целесообразность утилизации порошкообразных и волокнистых материалов низкой насыпной массы с использованием компактирования.

Разработаны малотоннажные ресурсо-энергосберегающие модули для комплексной утилизации техногенных материалов.

Представлены опытно-конструкторские разработки, направленные на совершенствование процессов механоактивации минеральных добавок и экструдирования техногенных смесей. Разработаны технологические комплексы, обеспечивающие выпуск конкурентоспособных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона с вторичным использованием целлюлозно-бумажных отходов в дорожном строительстве.

Ключевые слова: *экструдирование, гранулирование, техногенные материалы, стабилизирующие добавки, технологический комплекс.*

Интенсивный рост промышленного производства России и мировой индустрии не может позитивно влиять на окружающую среду, не нанося вред экологии человеческого обитания. Внедрение новых технологий переработки неорганических и органических материалов несет за собой появление огромного количества отходов. Современные промышленные производства зачастую ориентированы на первичную прибыль из природного сырья, не уделяя должного внимания проблеме утилизации техногенных материалов.

В промышленности строительных материалов (ПСМ) достаточно успешно внедрена практика вторичного использования отходов, а также техника и технологии переработки полидисперсных материалов методом компактирования: экструдирования, гранулирования, брикетирования, прессования и др. Комплексная утилизация техногенного сырья предусматривает нестандартные методы воздействия на материал, а иногда и их сочетание.

Физико-химические свойства порошкообразных материалов, дисперсность, а также требования к физико-механическим параметрам готового продукта определяют способ формования. Утилизация техногенных материалов при помощи компактирования, дает «вторую жизнь» отходам производства, обеспечивая при этом существенный экономический эффект [1-4]. Так, например, использование рациональных способов утилизации фосфогипса позволяет химическим предприятиям снизить себестоимость производства фосфорной кислоты до 40 %.

Создание малотоннажных ресурсо-энергосберегающих модулей в области научно-технического предпринимательства, малого и среднего бизнеса является приоритетным направлением для роста отечественного производства. Использованное инновационное оборудование и запатентованные агрегаты, в результате работы которых происходит комплексная утилизация техногенных материалов с сопутствующим экономическим эффектом, можно объединить в отдельные ресурсо-энергосберегающие модули. Данные модули совмещают в себе различные технологические процессы при воздействии на перерабатываемый материал: дробление, измельчение, смешение, увлажнение, формование, сушка и др. Конечный вид скомпактированного продукта (в форме гранул, брикетов, пеллет и др.) удобен для упаковки, транспортировки, хранения и равномерного распределения при дальнейшем использовании [5].

В некоторых технологических модулях для существенного улучшения физико-механических свойств порошкообразных материалов прибегают к способу их механоактивации. Более развитая (активная) поверхность частиц в высокодисперсном состоянии приводит к увеличению сил их междумолекулярного сцепления, что в конечном итоге при формовании повышает прочность скомпактированного тела.

Для получения механоактивированных минеральных добавок (ММД) нами разработан технологический модуль (рис. 1).

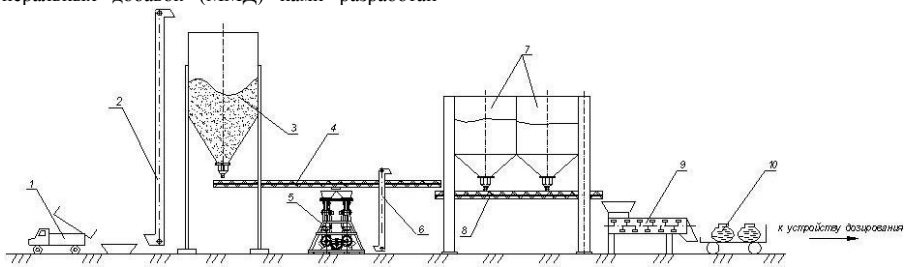


Рис. 1. Технологический модуль для механоактивации техногенных порошкообразных материалов
1 – автотранспорт; 2,6 – вертикальные конвейеры (нории); 3 – приемный бункер ММД;
4,8 – шнековые конвейеры; 5 – ЦПСА; 7 – матерчатые бункера; 9 – лопастной смеситель;
10 – механоактивированная композиционная смесь.

Исходные техногенные минеральные добавки (известняк, шлак и др.) размером частиц $d_{ср} \leq$ 3-5 мм загружаются из автотранспорта 1 в приемный бункер и с помощью вертикального конвейера (нории) 2 загружаются в бункер для хранения добавок 3. С помощью ячейкового питателя минеральные добавки дозируются и загружаются в шнековый конвейер 4. Из последнего материал загружается в центробежный помольно-смесительный агрегат (ЦПСА) 5 с параллельными помольными блоками, где подвергается механоактивации до размеров частиц $d_{ср} \leq$ 0,03-0,05 мм. Регулирование частоты вращения входного вала ЦПСА осуществляется с помощью преобразователя частоты. Измельченный материал возвращается в шнековый конвейер 4 с помощью нории 6 и транспортируется последовательно посредством шнекового конвейера 8 в лопастной смеситель 9. В лопастной смеситель также могут подаваться измельченные ранее другие специальные добавки.

Гомогенная композиционная смесь из смесителя выгружается в специальную тару, проходит весовое дозирование материала и отгружается потребителю. Возможно дальнейшее транспортирование к месту использования, например, в качестве сырьевого компонента для технологического модуля по переработке целлюлозно-бумажных отходов (ЦБО).

Огромные тоннажи отходов целлюлозы (макулатуры) рационально вторично использовать в дорожном строительстве [6]. Исходя из практического опыта развитых стран: США, Франции, Германии, Швеции, Норвегии, Финляндии, к числу наиболее перспективных материалов для строительства дорожных покрытий относится щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), который обладает рядом значительных преимуществ по сравнению с традиционными асфальтобетонами: повышенной сдвигоустойчивостью и трещиностойкостью, устойчивостью к колееобразованию. Его шероховатая поверхность обеспечивает надлежащее сцепление с колесом автомобиля, что повышает безопасность движения, а также уменьшает шум и аквапланирование [7].

ЩМА успешно используется в различных регионах России и стран СНГ с 2000 года. В Белгородской области этой проблеме также уделяется большое внимание: ЩМА выпускается с 2006 года, доля производства от общего количества асфальтобетона составляет около 25%.

Обязательным компонентом ЩМА является стабилизирующая волокнистая добавка, препятствующая сегрегации и отслоению битумного вяжущего при высоких технологических температурах. К настоящему времени наибольшее распространение получили стабилизирующие добавки на основе целлюлозы, являющейся продуктом различных способов переработки растительного сырья. При этом целлюлоза применяется либо в виде фибриллированного волокна, либо в виде гранул. Грануляция волокна облегчает дозирование и гарантирует гомогенное распределение стабилизирующей добавки в смеси. Поставщиками таких добавок (например, VIATOP, TOPCEL, GENICEL и др.) являются, в основном, зарубежные компании Швеции и Германии.

Стабилизирующие добавки TOPCEL и VIATOP рекомендованы ГОСТ 31015 – 2002 для приготовления щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Это специальные гранулы на основе целлюлозы, имеющие ленточную структуру нитей. Гранулы TOPCEL содержат обработанные воском волокна для уменьшения гигроскопичности, гранулы VIATOP имеют битумное покрытие каждого волокна для обеспе-

чения полной влагонепроницаемости и сохранности при длительном хранении. Недостатком этих добавок является их высокая стоимость. Применяются также добавки на основе асбеста, синтетических волокон, резиновой крошки. Следует отметить, что поиск эффективных стабилизирующих добавок для ЩМА продолжается.

В БГТУ им. В.Г. Шухова в соответствии с задачами, поставленными в долгосрочной целевой программе «Совершенствование и развитие транспортной инфраструктуры Белгородской области на 2011 – 2017 годы», утвержденной постановлением правительства Белгородской области, проводятся научные исследования и опытно-конструкторские разработки, направленные на повышение качества автомобильных дорог региона. Одним из перспективных направлений таких работ является создание инновационных предприятий по производству конкурентоспособных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона.

Процесс производства гранулированных стабилизирующих добавок (ГСД) щебеночно-мастичного асфальтобетона реализуется в технологическом модуле по переработке ЦБО (рис. 2,3). Технологический процесс выпуска ГСД включает следующие операции: складирование исходных ЦБО; дозирование и их транспортирование к измельчителю (шредеру); двухстадийное измельчение ЦБО с введением композиционных механоактивированных минеральных добавок; осаждение измельченных ЦБО в циклоне-разгрузителе; пылеулавливание тонкой фракции ЦБО и ММД в системе аспирации; гранулирование композиционной смеси в плоскоматричном грануляторе с последующей классификацией готового продукта в очистителе-просеивателе барабанного типа; транспортирование ГСД для их последующей упаковки, взвешивание и складирование ГСД.

Некоторые техногенные материалы имеют низкую насыпную плотность (менее 200 кг/м^3) и нуждаются в постадийном процессе формования с обязательной стадией предварительного уплотнения. В технологическом модуле уплотнение композиционной смеси (ЦБО, ММД, органическое связующее) осуществляется после прохождения роторной дробилки и соответствующей аспирации пылевоздушной смеси в циклоне-осадителе и последующей очистке воздуха в рукавном фильтре.

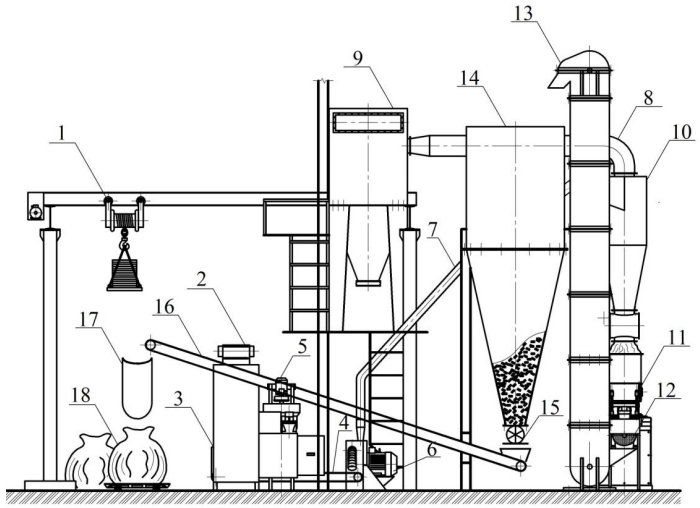


Рис. 2. Технологический модуль для производства гранулированных стабилизирующих добавок щебеночно-мастичного асфальтобетона
1 – тельфер; 2 – ленточный конвейер; 3 – измельчитель (шредер); 4 – скребковый дозатор; 5 – дозатор ММД; 6 – роторная дробилка; 7 – трубопровод; 8 – трубопровод системы аспирации; 9 – система рукавных фильтров; 10 – циклон-разгрузитель; 11 – плоскоматричный гранулятор; 12 – барабанный классификатор; 13 – элеватор (нория); 14 – бункер; 15 – ячейковый разгрузитель; 16 – транспортер; 17 – разгрузительный лоток; 18 – биг-бэги с продукцией.

Рис. 3. Технологический модуль для производства ГСД ЩМА

Высокая эффективность процесса измельчения с одновременной возможностью смешивания гетерогенных смесей реализуется в разработанном нами центробежном помольно-смесительном агрегате (ЦПСА) [8, 9]. Данный тип машин (рис. 4) может успешно применяться на строительных предприятиях, производящих сухие строительные смеси, пенобетон, высококонцентрированные вяжущие, высокодисперсные наполнители, лакокрасочные материалы и другие порошкообразные строительные материалы.

Рис. 4. Центробежный помольно-смесительный агрегат

Отличительной особенностью данного агрегата является сочетание в одной технологической машине стадий среднего, тонкого и сверхтонкого измельчения, а именно возможности совмещения ударных и истирающих нагрузок за счет обеспечения соответствующих траекторий движения помольных камер. Разработанная конструкция ЦПСА с параллельными помольными блоками позволяет измельчать сыпучие материалы различной прочности до удельной поверхности $S_{уд}$=500-800 м^2/кг.

Таким образом, возможность комплексного воздействия на утилизируемый техногенный материал, совмещение различных технологических процессов при работе оборудования позволяют качественно решать вопросы переработки отходов. Создание ресурсо-энергосберегающих технологических модулей для комплексной утилизации техногенных материалов оказывает благоприятное воздействие на развитие научно-технического предпринимательства, малого и среднего бизнеса.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г.Шухова на 2012 – 2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Фетисов Д.Д., Сапронова Ж.А., Шинкарев Л.И. Технические средства и технологии для ком-

плексной утилизации изотропных и анизотропных техногенных материалов // Экология и промышленность России. 2012. №12. С 6-10.

2. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Дубинин Н.Н. и др. Энергосберегающая техника и технологии для комплексной переработки природных и техногенных материалов // Стекло мира. 2006. №6. С. 45-48.

3. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Севостьянов М.В., Спирин М.Н. и др. Энергосберегающие технологические комплексы и агрегаты для утилизации техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2007. №1. С. 85-90.

4. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Уральский В.И. Технологические модули для комплексной переработки техногенных материлов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2010. №9. С. 43-45.

5. Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Шинкарев Л.И., Севостьянов М.В., Спирин М.Н., Фетисов Д.Д. Техника и технология брикетирования порошкообразных и вязкопластичных техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 87-90.

6. Севостьянов В.С., Макридин А.А., Севостьянов М.В., Шинкарев Л.И. Техника и технология комплексной утилизации целлюлозно-бумажных отходов. // Сб. статей XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии», 2011. Пенза. С. 152-156.

7. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Тоболенко С.С. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичного асфальтобетона из отходов промышленности // Строительные материалы. 2012. №8. С.64-66.

8. Пат. 2277973 Российская Федерация, B 02 C 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Синица Е.В.; заявитель и патентообладатель ООО «ТК РЕЦИКЛ»; опубл. 20.06.2006, Бюл. №17.

9. Пат. 2381837 Российская Федерация, B 02 C 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Синица Е.В.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет, ООО «ТК РЕЦИКЛ»; опубл. 20.02.2010, Бюл. №5.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Усманов Д. И., ассистент, аспирант,
Ягуткин С. М., д-р экон. наук, профессор,
Жантаева Г. М., ст. преп.
Таразский Инновационно-Гуманитарный Университет Республики Казахстан
Ягуткина Е. С., частный инвестор,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ПРОДОВОЛЬСТВИЯ

us.dali@mail.ru

В статье рассматриваются фундаментальные факторы усиления мирового продовольственного кризиса. Введение институтов регулирования производства и распределения продовольственных ресурсов способны предотвратить грозящую продовольственную катастрофу мирового масштаба.

Ключевые слова: *дефицит продовольствия, мировое производство и потребление продуктов питаний, мировой продовольственный кризис, институты регулирования аграрного рынка.*

Обзор проблемы.

Нарастающий дефицит продовольствия, усиливающая политическая нестабильность и трагические последствия арабских революций, спровоцированные ростом цен на продукты питания, являются отправной точкой понимания серьезности проблем человечества вызванных углубляющимся мировым кризисом продовольствия. Сегодня нет сомнения в том, что речь идёт ни об очередном повышении цен, вызванном неблагоприятной конъюнктурой мирового рынка, а о глобальных процессах, затрагивающие судьбы миллиардов людей и перспективах дальнейшего существования всего человечества. В настоящее время в мире хронически недоедает около 1 млрд. человек и их количество будет в будущем только возрастать. Эксперты ООН прогнозирует, что уже в ближайшее время мир реально столкнется с проблемой глобального голода, способного вызвать непредсказуемые социально-экономические потрясения [1]. Нужны эффективные институты регулирования мирового аграрного рынка, что бы предотвратить грозящую катастрофу вселенского масштаба.

Ситуация такова, что сегодня население более 80 стран мира столкнулись с серьёзной проблемой нехватки продовольствия и голодания. Согласно, мониторингу ООН индекс мировых цен на продукты питания, с начала 2012 . уже увеличился на 40% по сравнению с 2011г. и до конца года будет продолжать расти в связи с засухой на североамериканском континенте.

В США, стране являющейся крупнейшим экспортером сельхозпродукции, произошло существенное повышение цен на продукты питания. За последние 3 года цены на яйца увеличились на 33%, молоко – на 31%, мяса птиц – на 8,4%, на бобовые – на 11,5%.

Цены на ячмень в Канаде, являющейся крупным экспортером данного зерна, за 2010-сентябрь 2012 года увеличились на 41% вследствие высокого экспортного спроса и роста цен на кукурузу в соседних США.

За последние два года мировые цены на молоко увеличились в 2 раза. Основным фактором подорожания молока стал рост цен на фураж вследствие растущего спроса со стороны отрасли биотоплива.

За последние 10 лет мировые цены на продовольствие увеличились на 135% и тенденции роста цен сохранятся практически во всех секторах АПК мировой экономики, как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе.

Основными причинами устойчивого роста мировых цен на продовольствие является следующее.

Во-первых, использование сельхозпродукции для производства биотоплива [2].. Его потребление в ближайшие 5 лет увеличится, как минимум, на 170%. Увеличение мирового производства биотоплива ведет к резкому росту

спроса на зерновые и масличные культуры. Только в США в настоящее время не менее 20% валового сбора кукурузы используется для производства биоэтанола. По данным FAO, к 2016 году США удвоят объем кукурузы, используемой для производства биоэтанола, доведя его до 110 млн. тонн, а ЕС увеличит объем пшеницы, используемой в тех же целях, до 18-20 млн. тонн. Для решения данной проблемы целесообразно ввести институт административного запрета использования продовольствия для производства этанола и, наоборот, стимулирования производства этанола из пищевых отходов, а так же растительного мусора и отходов деревообрабатывающей промышленности.

Во-вторых, увеличение доходов населения в развивающихся странах [3]. В частности, становление среднего класса в Китае и изменение структуры питания приводит к глобальному росту потребления зерновых культур, используемых для фуража. Так, если в 1985 году потребление мяса на душу населения в Китае составляло 20 кг в год, то сейчас этот показатель превышает 50 кг. Рост доходов населения в странах Азии и Африки провоцирует потребления риса, поскольку подавляющая часть населения этих стран все еще недобирает душевое количество калорий необходимых для полноценного и сбалансированного питания. Стремление человеческого организма покрыть дефицит калорий, связанных с хроническим недоеданием, носит подсознательных характер и не зависит от воли подавляющего количества людей. Реальность такова, что страны - экспортеры риса и прежде всего Китай, Индия, Вьетнам, Индонезия и Египет из-за роста внутреннего потребления неизбежно будут ограничивать его экспорт. В результате чего рост цен на рис будет носить неизбежный характер и спровоцирует увеличение количества голодающих людей. Наиболее тяжелая ситуация сложится в импортозависимых государствах таких как Северная Корея, Филиппины и др. Дефицит риса неизбежно затронет аграрно благополучные страны с быстро растущим мусульманским и другим его традиционно потребляющим населением. Правительствам США, Англии, России в среднесрочной и долгосрочной перспективе придется вспомнить подзабытую практику института нормирования продаж риса в розничной торговле, вводя талонные и другие ограничения его душевого потребления, что может спровоцировать социальное напряжение и рост протестного населения. Поэтому, продовольственные талоны, как неизбежное зло института административного нормирования потребления ограниченных продуктов, должны учитывать социально-экономические особенности различных групп населения, Это, как показывает практика, способно в определённой мере снять напряжение в обществе. Возможен и другой вариант. Вместо продовольственных талонов использовать институт денежной компенсации роста цен на основные продукты питания, хотя в любом случае предлагаемые институты проблему глобального продовольственного кризиса не разрешат.

В-третьих, монетаристский подход. Из 7 млрд. человек живущих на планете 1 млрд. человек живет в развитых странах с высоким уровнем дохода на душу населения, 3 млрд. - со средним и 3 млрд. - с низким уровнем дохода, из которых 1 млрд. человек за чертой допустимой бедности. К этой категории относятся люди, которые постоянно голодают и недополучают количество калорий, необходимых для обеспечения в организме полноценных жизненных функций и медленно умирают от голода. Большинство из них составляют социально слабые группы населения: женщины, дети и старики. Современная правящая мировая элита исповедует стоимостную (монетаристскую) политику оценки происходящих в обществе процессов и явлений, сознательно отходя от натуральных балансов и пропорций между ресурсами общества, их использованием, воспроизводством и распределением произведённых на их основе благ. Категории ренты, процента, прибыли напрочь вытеснили категории наличия сельскохозяйственных и вообще пригодных для жизни земель, морфологии почв, не то что бы повышения, а вообще, хотя бы простого сохранения их естественного и экономического плодородия, без чего существование человечества вообще не представляется возможным. В результате грядёт очередной финансовый кризис с последующей неминуемой катастрофой экономики, при которой обилие денежной массы, вызванной мягкой монетарной политикой с беспрерывной работой печатных станков, не сопровождается адекватным товарным покрытием. Ситуация при которой есть деньги, но приобрести на них нечего, в виду разбазаренных ранее ресурсов, будет носить повсеместный характер {4}. В обозримом будущем количество запрограммированных «лишних» ртов неизбежно будет возрастать по мере реального истощения ресурсов, при внешне обманчивом, финансовом благополучии. Поэтому наряду с институтом монетарных оценок целесообразно использовать опыт реализации продовольственных программ в бывших странах социализма и прежде всего Советского Союза, времен конца 70-х, 80-х годов прошлого столетия. Безусловно, в экстремальных ситуациях институт натуральных продовольственных

балансов с использованием методов планово-централизованного инвестирования производства наиболее значимых продуктов питания в энергетическом исчислении и душевом потреблении, в соответствии с медицинскими нормами рационального питания. Вместо абстрактных стоимостных балансов отражающих уровень доходов и стоимость продуктовой корзинки, напрямую зависящих от инфляции и девальвации национальной денежной единицы, целесообразно использовать натуральные показатели душевого производства и потребления основных видов продуктов питания и калорийности рациона населения в соответствии с медицинскими нормами рационального питания, увязанных к роду деятельности и ареалу проживания

В-четвертых, технологии, применяемые в земледелии связанные с отвальной обработкой почвы, варварской мелиорацией, ведущей к подъёму грунтовых вод и засолению почв. За последние 40 лет безвозвратно выведено из сельскохозяйственного оборота почти 35% пахотных земель планеты, тогда как за это же время численность населения возросла более чем на 2 млрд. человек. В сельском хозяйстве в отличие от промышленности невозможны технократические подходы. Образно говоря, избыток удобрений не заменит недостатка знаний. Эгоцентризм технократов, маргинализация биологических наук, являются объективными причинами усиливающейся деградации мировых сельскохозяйственных угодий. Реальность такова, что ежегодно в мире из оборота выбывает более 100 млн. га пашни. Для обеспечения продовольственного баланса страны в соответствии с медицинским нормами питания на 1 семью, состоящую из 6 человек, должно приходится, примерно, 1 га пашни и производится, примерно, по 1 тонне зерна на душу населения. В виду физического ограничения и вывода пашни из оборота сельскохозяйственных угодий мировая землеобеспеченность населения продолжает стремительно падает. Если за последние 50 лет население страны выросло в 1,5 раза, то площадь пахотных земель выросла менее чем на 10%. Если в 1960 г. на одного жителя планеты приходилось по 0, 43 га пашни, то в 2000г. – 0,25 га., в 2010г. – 0,15га. Одновременно с ростом численности населения неуклонно возрастает и количество людей, которых необходимо обеспечить продовольствием, произведенным на 1 га пашни. Если в 1960 г. 1 га пашни обеспечивал продовольствием двух человек, в 1980 г. - трех, в 2002г. - четырех, то в 2050 г. 1 га пашни должен прокормить уже шесть человек. В ряде стран показатель землеобеспеченности ещё меньше. Например, В Германии на одного жителя приходится 0, 14 га, в Китае - 0, 12 га, в Бангладеш, Голландии и Швейцарии по 0, 06 га на одного человека. Снижение землеобеспеченности стимулирует нещадную эксплуатацию пахотных земель, сопровождающуюся передозировкой минеральных удобрений и гербицидов, что провоцирует не только изменение морфологического состава почв, но и ведет к их деградации, химическому загрязнению удобрениями и гербицидами. В результате этого не только продукты растениеводства, но и животноводства становятся непригодным для употребления в пищу. Отсюда необходимо введение института жесткого административного контроля механизма экспликации земельных и сельскохозяйственных угодий, контроля качества земель и стимулирования повышения естественного плодородия почв.

В-пятых, неконтролируемый рост населения планеты связанный с отсутствием мировых войн, повышением уровня жизни под воздействием научно-технического прогресса, улучшением системы здравоохранения, способствующей снижению детской смертности и увеличением более чем в 2 раза продолжительности жизни населения [5]. Прогноз роста численности населения до 2050г. предполагает некоторое снижение темпов роста рождаемости. Тем не менее, численности населения планеты вырастет, как минимум, в 1,4 раза или примерно, на 2,9 млрд. человек, в основном за счет прироста населения в развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки, на долю которых прогнозируется рост в 2 млрд. 850 млн. человек, тогда как в высокоразвитых странах возрастет только на 46 млн. человек. При сохранении существующих тенденций в 2050 г. 5 млрд. 222 млн. человек (58, 5%) будут проживать в Азии, 1 млрд. 803 млн. (20, 7%) - в Африке, в Европе, Северной и Южной Америке и Австралии - 2 млрд. 286 млн. человек (20, 8% общей численности населения планеты). В этой связи в большинстве стран мира усиливается поиск оптимальных решений продовольственной проблемы. Отсюда необходимо использовать опыт Китая по созданию институтов контроля и ограничения рождаемости в бедных странах, что в условиях религиозного фанатизма беднейших стран весьма проблематично.

Данные факторы существенно увеличивают спрос на продовольствие, усложняя задачи продовольственного обеспечения аграрно-развитых стран мира, правительства которых вынуждены увеличивать объемы переходящих фондов продовольствия, необходимых для снижения социальной напряженности внутри страны. В результате ежегодные темпы роста населения одно-

значно будут опережать темпы роста производства сельскохозяйственной продукции и продуктов питания от 1,5 до 5% в зависимости от стран и континентов [6]. Даже в странах с вымирающим населением, таких как Россия, Украина, Белоруссия продовольственная напряжение будет усиливаться, поскольку выбытие пашни и сельскохозяйственных угодий приведёт к стагнации аграрного производства относительно совокупного земельного потенциала. Институт ООН с его структурными подразделениями ЮНЕСКО и продовольственной сельскохозяйственной организацией (FAO) носит индикативный, рекомендательный характер и не наделён жесткими административными полномочиями, поэтому не в состоянии радикально изменить ситуацию.

Таким образом, в ближайшей и отдаленной перспективе до 2020г. напряженность на мировом продовольственном рынке неизбежно усилится. Обесценивание мировых резервных валют, рост численности населения, сокращение площади сельскохозяйственных угодий, деградация почв, снижение биоресурсов мирового океана и использование сельскохозяйственного сырья на производство биотоплива неизбежно приведут, как минимум, 3-х кратному росту цен на основные виды продовольствия. Введение институтов жесткого административного и экономического регулирования рынка продовольствия способно снизить социальную напряженность на мировом рынке продовольствия, н не способно решить продовольственную проблему коренным образом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Милосердов В.В. Мировой продовольственный кризис и место в нем России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: //vladimir.miloserdov. name /articles /page-55.html
2. Мировой продовольственный кризис. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://postrussia.org/news/page/mirovoi-prodovolstvenniy-krizis
3. Мировой рынок продовольствия электронный ресурс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.protown.ru
4. Устиян И. Мировой продовольственный кризис: серьезный вызов начала XXI в. //[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www. institutiones.com/general/1142-mirovoj-prodovolstvennyj-krizis.html
5. Шушкевич Ю. Мировой продовольственный дисбаланс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.protown.ru
6. Food insecurity in the world. - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e00.htm
7.

Вдовин Е. А., канд. техн. наук, доц.,
Бирюлева Д. К., канд. техн. наук, ст. препод.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТА

dila899@mail.ru

В статье приведены основные экономические расчеты показателей эффективности вложений в строительство сельских автодорог по разработанным конструкциям дорожных одежд на основе местных материалов.

Одним из основных показателей при проектировании конструкций дорожных одежд являются технические характеристики полотна и экономия материалов. Для определения эффективности разработанных решений были установлены удельные показатели материалоемкости строительства автомобильных дорог.

Разработанные варианты конструкций дорожных покрытий с использованием местных инертных материалов в зависимости от технологий укладки позволят эффективно осваивать капитальные вложения в строительство сельских дорог и увеличить их протяженность по сравнению традиционными покрытиями.

Ключевые слова: *конструкции дорожных одежд, технология с использованием профилировщика, технология с использованием фрезы, традиционные покрытия, материалоемкость, сметная стоимость строительства сельских автодорог, структура сметной стоимости автодорог, экономические расчеты, экономическая эффективность.*

Состояние дорожной сети, отражает развитие социально-экономической сферы страны. В частности, в Республике Татарстан в рамках федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010 – 2015 годы)» выполняется подпрограмма «Соединение сельских населенных пунктов дорогами с твердым покрытием». Исполнение принятых программ для сельских автомобильных дорог [1], связано с разработкой конструкций дорожных одежд, в состав которых входят местные минеральные материалы, что позволит наряду с техническими задачами, решить и приоритетные направления по повышению транспортной доступности, социально-экономическому развитию сельских населенных пунктов, улучшению экологической ситуации и расширению номенклатуры сырьевой базы Республики Татарстан.

Разработанные варианты конструкций дорожных одежд с использованием местных грунтов, укрепленных цементом и модифицированных новым гидрофобизатором, представлены в таблице 1.

На основе разработанных вариантов конструкций дорожных одежд с использованием местных инертных материалов и технологии укладки были выполнены экономические расчеты. Стоимостные показатели устройства разработанных конструкций дорожных одежд для сельских автодорог с требуемым модулем упругости 150 МПа и 100 МПа представлены в таблице 2.

Сметная стоимость строительства является основным показателем при определении эффективности вложений и размера экономии.

Наименьшую сметную стоимость имеют варианты конструкций дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа (1-1-1, 1-1-2, 1-2-1, 1-2-2), представляющие собой однослойную конструкцию из укрепленных песка и супеси.

При требуемом модуле упругости 100 МПа наименьшую сметную стоимость имеют варианты дорожных одежд 5-1-1, 5-1-2, 5-2-1, 5-2-2, представляющие собой двухслойную конструкцию, в основании которой лежит слой укрепленной супеси меньшей марки по прочности, в покрытии слой из укрепленной супеси, песка.

Относительные показатели изменения сметной стоимости наиболее ярко отражают экономию сметной стоимости разработанных вариантов дорожных одежд.

Экономия сметной стоимости строительных работ по вариантам дорожных одежд определялась по показателю экономии сметной стоимости разработанных вариантов, приходящихся на 1 рубль сметной стоимости устройства традиционных дорожных одежд по следующей формуле:

$$Эсмр = \frac{Ссмр_{трад} - Ссмр_{вар}}{Ссмр_{трад}}$$, где

$Э_{смр}$ – экономия сметной стоимости СМР, %;

$Ссмр_{вар}$ –сметная стоимость разработанных вариантов дорожных одежд, руб.;

$Ссмр_{трад}$ – сметная стоимость устройства традиционных дорожных одежд, руб.

Таблица 1

Разработанные конструкции дорожных одежд

При Етреб. = 150 МПа		***При Етреб. = 100 МПа***	
Вариант	Конструкция	Вариант	Конструкция
1-1-1/ 1-1-2	- Супесь укрепленная, Е=500 МПа, h= 32 см	4-1-1/ 4-1-2	- Супесь укрепленная, Е=500 МПа, h= 28 см
1-2-1/ 1-2-2	- Песок укрепленный, Е=500 МПа, h= 32 см	4-2-1/ 4-2-2	- Песок укрепленный, Е=500 МПа, h= 28 см
2-1-1/ 2-1-2	-Покрытие из укрепленной супеси, Е=500 МПа, h= 18 см -Основание из укрепленной супеси, Е=250 МПа, h= 21 см	5-1-1/ 5-1-2	Покрытие из укрепленной супеси, Е=500 МПа, h= 10 см -Основание из укрепленной супеси, Е=250 МПа, h= 19 см
2-2-1/ 2-2-2	-Покрытие из укрепленного песка, Е=500 МПа, h= 18 см -Основание из укрепленной супеси, Е=250 МПа, h= 21 см	5-2-1/ 5-2-2	-Покрытие из укрепленного песка, Е=500 МПа, h= 10 см -Основание из укрепленной супеси, Е=250 МПа, h= 19 см
3-1-1/ 3-1-2	-Покрытие из укрепленной супеси , Е=500 МПа, h= 18 см -Основание из ПГС, Е=180 МПа, h= 30см	6-1-1/ 6-1-2	-Покрытие из укрепленной супеси , Е=500 МПа, h= 10 см -Основание из ПГС, Е=180 МПа, h= 21см
3-2-1/ 3-2-2	-Покрытие из укрепленного песка , Е=500 МПа, h= 18 см -Основание из ПГС, Е=180 МПа, h= 30см	6-2-1/ 6-2-2	-Покрытие из укрепленного песка , Е=500 МПа, h= 10 см -Основание из ПГС, Е=180 МПа, h= 21см
7-1 (традиционная конструкция)	- Верхний слой покрытия из мелкозернистого плотного асфальтобетона тип Б. Е= 3200 Мпа, h=4см - Нижний слой покрытия крупнозернистого высокопористого асфальтобетона. Е= 2000 Мпа, h=6см. - Основание из щебня М800, с заклинкой. Е=350 Мпа, h=20см. - Подстилающий слой из ПГС. Е=180 МПа, h= 20см.	8-1 (традиционная конструкция)	- Покрытие из мелкозернистого плотного асфальтобетона тип Б. Е= 3200 Мпа, h=4см - Основание из щебня М800, с заклинкой. Е=350 Мпа, h=16см. - Подстилающий слой из ПГС. Е=180 МПа, h= 20см.

Таблица 2

Показатели сметной стоимости строительства 1 км дорожной одежды в зависимости от конструкций и технологии производства работ

№ п/п	Варианты конструкций дорожной одежды	Сметная стоимость 1км дорожной одежды, с одиночной (*-*-1)/двойной (*-*-2) поверхностной обработкой, тыс. руб.	
		по технологии с использованием профилировщика	по технологии с использованием фрезы
Вариант конструкций дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа			
1	1-1-1/1-1-2	2860,087/3202,264	2328,654/2670,831
2	1-2-1/1-2-2	3318,493/3660,670	2787,166/3129,343
3	2-1-1/2-1-2	3100,824/3443,001	2450,907/2793,084
4	2-2-1/2-2-2	3358,739/3700,916	2708,820/3050,997
5	3-1-1/3-1-2	4155,022/4497,199	3855,115/4197,291
6	3-2-1/3-2-2	4412,921/4755,098	4113,028/4455,205
7	7-1 (традиционная конструкция)	7677,113	
Вариант конструкций дорожных одежд с требуемым модулем упругости 100 МПа			
8	4-1-1/4-1-2	2541,971/2884,148	2078,626/2420,803
9	4-2-1/4-2-2	2943,069/3285,246	2479,824/2822,001
10	5-1-1/5-1-2	2333,303/2675,480	1855,864/2198,041
11	5-2-1/5-2-2	2476,573/2818,750	1999,150/2341,326
12	6-1-1/6-1-2	2655,319/2997,496	2491,629/2833,806
13	6-2-1/6-2-2	2798,590/3140,767	2634,914/2977,091
14	8-1 (традиционная конструкция)	5278,448	

Ряд разработанных вариантов конструкций дорожных одежд устраиваемых по технологии с использованием профилировщика и фрезы позволяют достичь экономии сметной стоимости строительства дорожных одежд более 50% .

Рациональное использование капитальных вложений в строительство сельских дорог в республике можно осуществить за счет разработанных эффективных составов материалов и конструкций дорожных одежд на их основе.

Предварительные расчеты показывают, что за счет полученной экономии от рационально запроектированной конструкции дорожной одежды можно увеличить потяженность строительства дорог при стоимостных показателях традиционных дорожных одежд:

- для конструкций с требуемым модулем упругости 150 МПа устраиваемых по технологии смешения в установке (с использованием профилировщика) в 1,6 - 2,6 раз в сравнении с традиционной дорожной одеждой;

- для конструкций с требуемым модулем упругости 150 МПа устраиваемых по технологии смешения на дороге (с использованием фрезы) в 1,7 - 3 раза в сравнении с традиционной дорожной одеждой;

- для конструкций с требуемым модулем упругости 100 МПа устраиваемых по технологии смешения в установке (с использованием профилировщика) в 1,6 - 2,2 раза в сравнении с традиционной дорожной одеждой;

- для конструкций с требуемым модулем упругости 100 МПа устраиваемых по технологии смешения на дороге (с использованием фрезы) в 1,7 – 2,8 раза в сравнении с традиционной дорожной одеждой.

Одним из показателей для оценки качества применяемых решений при разработке конструкций дорожных одежд является удельная материалоемкость. Для этого было проанализировано изменение структуры сметной стоимости вариантов традиционных и разработанных дорожных одежд. Использование местных материалов в разработанных составах должно значительно снизить материалоемкость и обеспечить эффективность применения конструкций дорожных одежд для строительства сельских дорог. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение сметной стоимости материалов для разработанных конструкций по сравнению с традиционной дорожной одеждой при требуемом модуле упругости 150 и 100 МПа

Вариант	Сметная стоимость материалов для устройства дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа по технологии, тыс.руб		Вариант	Сметная стоимость материалов для устройства дорожных одежд с требуемым модулем упругости 100 МПа по технологии, тыс.руб.	
	"профилировщик"	"фреза"		"профилировщик"	"фреза"
1-1-1	1 655, 15	1 417, 96	4-1-1	1 475, 45	1 268, 07
1-1-2	1 907, 3	1 670, 11	4-1-2	1 727,6	1 520, 22
1-2-1	2 043, 63	1 806, 53	4-2-1	1 815, 36	1 608, 07
1-2-2	2 295, 78	2 058, 69	4-2-2	2 067, 51	1 860, 22
2-1-1	1 702, 69	1 413, 08	5-1-1	1 278, 63	1 063, 79
2-1-2	1 954, 84	1 665, 23	5-1-2	1 530, 79	1 315, 94
2-2-1	1 921, 26	1 631, 65	5-2-1	1 400, 05	1 185, 22
2-2-2	2 17,3 41	1 883, 8	5-2-2	1 652, 20	1 437, 37
3-1-1	2 559, 82	2 426, 2	6-1-1	1 649, 27	1 575, 3
3-1-2	2 811, 97	2 678, 35	6-1-2	1 901, 42	1 827, 45
3-2-1	2 778, 38	2 644, 77	6-2-1	1 770, 69	1 696, 73
3-2-2	3 030, 53	2 896, 92	6-2-2	2 022, 84	1 948, 88
7-1	5 660, 12		8-1	3 813, 45	

Наиболее значимая статья затрат- это материалы, при чем доля материальной составляющей для дорожных одежд с модулем уругости 150 МПа (100 МПа) традиционных дорожных одежд составляет 88% (87%).

Материалоемкость дорожных одежд ориентирует разработчиков новых конструкций снижать затраты за счет применения местных строительных материалов и введения эффективных добавок, позволяющих оптимизировать стоимость материалов при сохранении прочностных свойств конструкций.

Снижение материальных затрат, не зависимо от технологии строительства, имеют следующие варианты разработанных конструкций дорожных одежд (при требуемом модуле упругости 150 МПа): 1-1-1, 1-1-2, 2-2-1, 2-2-2. Данные конструкции представляют собой однослойную дорожную одежду из укрепленной супеси и двухслойную конструкцию, в основании которой лежит слой укрепленной супеси меньшей марки по прочности, в покрыти слой из укрепленного песка и супеси.

При требуемом модуле упругости 100 МПа наиболее экономичными, не зависимо от технологии строительства являются следующие варианты разработанных конструкций дорожных одежд: 5-1-1, 5-1-2, 5-2-1, 5-2-2. Данные конструкции представляют двухслойную дорожную одежду, в основании которой лежит слой укрепленной супеси меньшей марки по прочности, в покрыти слой из укрепленной супеси, песка.

Для данных вариантов экономия затрат составила 71%-75% при требуемом модуле упругости 150 МПа, при 100МПа 61% - 72% .

Снижение сметной стоимости вариантов разработанных дорожных одежд связано с использованием как эффективных добавок, так и местных строительных материалов, о чем свидетельствуют повышение доли сметной стоимости местных материалов для устройства дорожных одежд (рис.1-2).

Наиболее экономичные варианты определены по относительному показателю эффективности вложений на 1 рубль затрат. Рост показателя указывает на увеличение эффективности вложений за счет снижения затрат, и соответственно уменьшение показателя - говорит о менее эффективном варианте конструкций из-за увеличения затратности варианта конструкций.

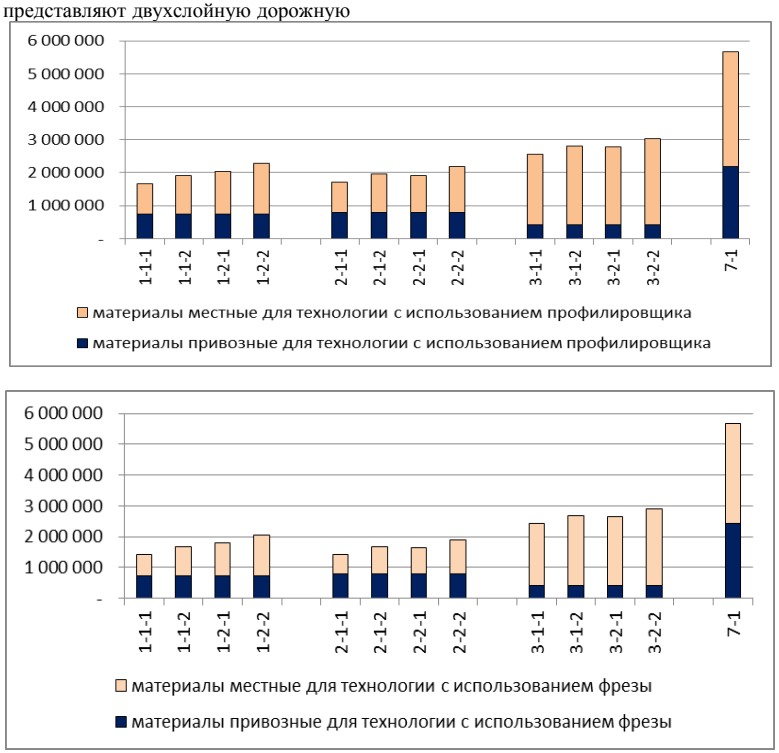


Рис. 1. Диаграмма изменения доли сметной стоимости местных и привозных материалов для устройства дорожных одежд с модулем упругости 150 МПа по технологии с использованием профилировщика и фрезы

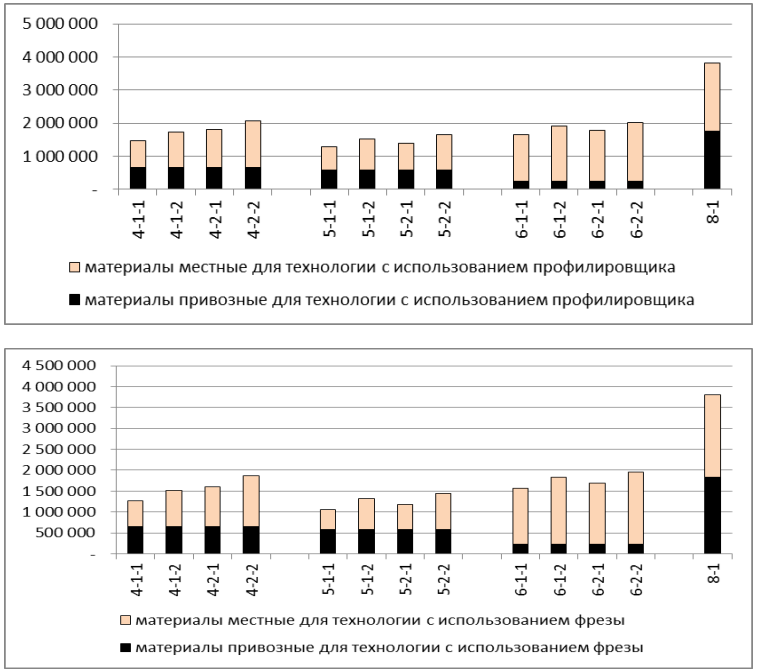


Рис. 2. Диаграмма изменения доли сметной стоимости местных и привозных материалов для устройства дорожных одежд с модулем упругости 100 МПа по технологии с использованием профилировщика и фрезы

Установлено, что для дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа не зависимо от технологии работ, наибольшую экономическую эффективность имеет вариант конструкции 2-1-1, 2-1-2. Данная дорожная одежда представляет двухслойную конструкцию, которая состоит из основания – укрепленная супесь, E=250 МПа, h= 21 см и пркрытия - укрепленная супесь, E=500 МПа, h= 18 см. При этом эффективность вложений возрастает с 1,06 до 1,22.

Для дорожных одежд с требуемым модулем упругости 100 МПа наибольшую экономическую эффективность имеет вариант конструкции 5-1-1, 5-1-2. Данная дорожная одежда представляет двухслойную конструкцию, которая состоит из основания – укрепленная супесь, E=250 МПа, h= 19 см и пркрытия из укрепленная супесь, E=500 МПа, h= 10 При этом эффективность вложений возрастает с 1,07 до 1,22.

Проведенная экономическая оценка разработанных конструкций дорожных одежд с применением местных материалов показала, что

1. Экономия материальных затрат достигается за счет введения эффективных добавок и применение местных строительных материалов. При этом наиболее экономичными, с точки зрения снижения материальных затрат, являются варианты (1-1-1, 2-1-1) конструкций дорожных одежд, выполненных по технологии с использованием профилировщика (фрезы) с модулем упругости 150 МПа. Для данных составов экономия материальных затрат составляет 71% (75%), 70% (75%). Для составов с модулем упругости 100 МПа - это варианты конструкций 4-1-1, 5-1-1, 5-2-1, где экономия затрат составляет соответственно 61% (67%), 66% (72%) и 63% (69%).

2. Одним из факторов снижения стоимости материалов является рост доли местных материалов для дорожных одежд. Для вариантов с модулем упругости 150 МПа доля местных материалов возрастает с 62% (для традиционной одежды) до 90% (для ряда разработанных составов), а для дорожных одежд с модулем упругости 100 МПа возрастает с 54% (для традиционной одежды) до 91% (для ряда разработанных составов).

3. Разработанные составы дорожных покрытий позволят увеличить потяженность

строительства дорог от 1,6 до 3 раз в сравнении с традиционными дорожными одеждами.

4. Разработанные конструкции дорожных покрытий для различных технологий позволят повысить эффективность вложений с 1,06 рублей на 1 рубль затрат до 1,22, а также определить наиболее экономичный вариант как по составу, так и по технологии производства работ для конкретного подрядчика и местных условий строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО 4800-001-57253637-2011 Проектирование сельских автомобильных дорог в Республике Татарстан

2. МДС 81-35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации.

3. Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Повышение качества укрепления грунтов введением гидрофобизирующих добавок // Известия КГАСУ 2012. №4(22). - С.373-379

Дорошенко Ю. А., д-р экон. наук, проф.,
Полуянова Н. В., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

n-v-p@list.ru

В статье рассмотрены факторы конкурентной устойчивости, оценена степень их влияния на предприятий ПСМ, а также выявлена их взаимосвязь и доказана непротиворечивость.

***Ключевые слова**: устойчивое развитие, промышленность строительных материалов, факторы развития.*

В эпоху быстропротекающих изменений, нарастания темпов научно-технического прогресса, увеличения неопределенности внешней среды предприятие любой отрасли промышленности нуждается в стабильности функционирования, в механизме гибкого приспособления к конкурентной среде. Именно поэтому, на наш взгляд, вопросы обеспечения конкурентной устойчивости являются в настоящее время первоочередными в спектре проблем обеспечения эффективности предприятия. Промышленность строительных материалов (ПСМ) чутко реагирует на изменение общехозяйственной конъюнктуры [1], а, следовательно, проблема обеспечения конкурентной устойчивости бизнеса здесь стоит наиболее остро. Поэтому мы считаем целесообразным проанализировать основные факторы, от которых зависит стабильность деятельности предприятия ПСМ в конкурентной среде.

Конкурентную устойчивость можно рассматривать как способность предприятия обеспечивать соответствие темпов своего развития темпам рыночных изменений, которая обеспечивается однозначно идентифицируемым и трудно копируемым конкурентным преимуществом [3]. Традиционно выделяют внешние и внутренние факторы экономических явлений. Однако, исходя из различия возможности управления внешними и внутренними факторами конкурентной устойчивости, считаем необходимым анализировать их раздельно. Предлагается внешние факторы рассматривать как силы и условия, в которых необходимо управлять конкурентной устойчивостью, а внутренние факторы – как ресурсы, образующие конкурентный потенциал и позволяющие изменять уровень конкурентной устойчивости предприятия.

Иными словами, анализ внешних факторов должен быть направлен, таким образом, на оценку степени их влияния на конкурентную устойчивость предприятия, а также на определение степени связи между ними и выявление взаимосвязанных групп факторов (условий). На основе обобщения представленных в различных источниках данных, а также на основе анализа развития отрасли в качестве основных внешних факторов конкурентной устойчивости предприятий ПСМ рассматриваются 17 факторов.

Для выявления степени влияния факторов на предприятия ПСМ был проведен опрос двенадцати экспертных групп, представляющих различные предприятия ПСМ Белгородской области. Оценки выставлялись на основе парного сравнения выделенных факторов, в результате чего для каждой экспертной группы была сформирована матрица суждений (табл. 1), оценки в которой выставлялись в зависимости от силы влияния на конкурентную устойчивость предприятия ПСМ фактора X, отраженного по строке матрицы, по сравнению с фактором Y, отраженным в столбце матрицы.

Таблица 1

Форма матрицы суждений

Факторы		1	2	…	n
	обозначения	Y_1	Y_2		Y_n
1	X_1	a_{11}	a_{12}		a_{1n}
2	X_2	a_{21}	a_{22}		a_{2n}
…					
n	X_n	a_{n1}	a_{n2}		a_{nn}

Использовалась 5-балльная шкала: 1 балл выставлялся, если фактор X идентичен по степени влияния на конкурентную устойчивость фактору Y, 2 балла – если он немного важнее, 3 балла – если явно важнее, 4 балла – если намного важнее, 5 баллов – если значительно важнее. Удельные показатели степени влияния факторов на конкурентную устойчивость предприятия ПСМ (w_X) в итоге для каждого эксперта рассчитывались по формуле:

$$w_X = \frac{\sqrt[n]{\prod_{Y=1}^{n} a_{XY}}}{\sum_{X=1}^{n}\sqrt[n]{\prod_{Y=1}^{n} a_{XY}}}, \qquad (1)$$

где a_{XY} - оценки сравнительной силы влияния на конкурентную устойчивость фактора X и Y, $x=y=1, \ldots, n$; n – число факторов.

В результате обработки 12 матриц суждений по числу экспертных групп была оценена сила влияния факторов на конкурентную устойчивость предприятий ПСМ представлена в табл. 2.

Таблица 2

Результаты экспертной оценки силы влияния внешних факторов на конкурентную устойчивость предприятий ПСМ

№	Фактор	Экспертные группы												средний вес $\overline{w_X}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Уровень неопределенности и изменчивости правового поля	0,027	0,034	0,032	0,038	0,038	0,029	0,029	0,030	0,029	0,033	0,053	0,041	**0,034**
2	Доступность капитала и кредитных ресурсов	0,068	0,038	0,068	0,034	0,094	0,057	0,151	0,048	0,121	0,064	0,094	0,095	**0,078**
3	Уровень развития научно-технической сферы	0,035	0,033	0,041	0,041	0,040	0,053	0,051	0,036	0,065	0,039	0,038	0,037	**0,042**
4	Уровень налогообложения	0,069	0,080	0,060	0,060	0,062	0,052	0,043	0,058	0,063	0,056	0,052	0,065	**0,060**
5	Степень неопределенности экономической ситуации	0,065	0,079	0,065	0,088	0,080	0,084	0,063	0,056	0,052	0,077	0,070	0,077	**0,071**
6	Наличие кадровых ресурсов требуемой квалификации	0,101	0,062	0,076	0,068	0,064	0,074	0,061	0,125	0,062	0,062	0,043	0,053	**0,071**
7	Высота административных барьеров	0,045	0,056	0,066	0,057	0,048	0,052	0,048	0,054	0,047	0,052	0,044	0,041	**0,051**
8	Уровень предпринимательской активности на рынке	0,042	0,057	0,053	0,060	0,048	0,043	0,042	0,051	0,042	0,041	0,063	0,054	**0,050**
9	Уровень платежеспособности покупателей	0,087	0,064	0,066	0,106	0,100	0,102	0,055	0,077	0,040	0,100	0,085	0,093	**0,081**
10	Адекватность логистического сервиса	0,037	0,050	0,048	0,048	0,046	0,047	0,048	0,047	0,057	0,055	0,068	0,078	**0,052**
11	Уровень развития информационных технологий	0,028	0,054	0,044	0,048	0,053	0,055	0,062	0,052	0,056	0,052	0,053	0,053	**0,051**
12	Уровень угрозы со стороны конкурирующего импорта	0,030	0,039	0,030	0,040	0,037	0,058	0,048	0,082	0,048	0,045	0,052	0,032	**0,045**
13	Доступность сырья	0,069	0,067	0,070	0,068	0,061	0,059	0,057	0,062	0,081	0,068	0,055	0,062	**0,065**
14	Уровень конкуренции со стороны товаров-заменителей	0,064	0,069	0,076	0,060	0,055	0,052	0,075	0,061	0,072	0,073	0,055	0,055	**0,064**
15	Сезонность спроса	0,078	0,083	0,076	0,078	0,059	0,066	0,051	0,066	0,066	0,069	0,066	0,055	**0,068**
16	Эффективность сложившихся партнерских связей	0,095	0,076	0,068	0,060	0,060	0,066	0,061	0,050	0,050	0,061	0,056	0,067	**0,064**
17	Методы отраслевой конкуренции	0,059	0,059	0,060	0,046	0,055	0,050	0,054	0,046	0,049	0,054	0,054	0,043	**0,052**

Прим. Далее факторы будут обозначаться символами Ф1- Ф17

Сделан вывод, что наибольшую силу влияния на конкурентную устойчивость предприятий ПСМ имеют факторы уровень платежеспособности покупателей, доступность капитала и кредитных ресурсов, степень неопределенности экономической ситуации, наличие кадровых ресурсов требуемой квалификации, сезонность спроса, доступность сырья, эффективность сложившихся партнерских связей, уровень конкуренции со стороны товаров-заменителей, уровень налогообложения.

Нами также отслежены связи между выявленными факторами с помощью метода дендритов (вроцлавской таксономии), предложенного В. Плютой [2]. Данный метод позволяет нелинейным образом упорядочить факторы и графически отразить связи. Для этого на основе матриц экспертных оценок, которые были сформированы парных сравнений, были составлены новые матрицы, отражающие полученные всеми экспертами оценки для определенного фактора. Иными словами первая матрица содержала первые строки всех 12-ти экспертных матриц суждений, вторая – все вторые строки и т.д. На основе новых матриц определялось расстояние между значением каждого элемента матрицы (фактора) и максимальным значением по каждому столбцу на основе расчета среднеквадратического отклонения:

$$R_Y = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{X=1}^{m}(b_{XY} - b_{\max})^2} \qquad (2)$$

где m - число экспертов.

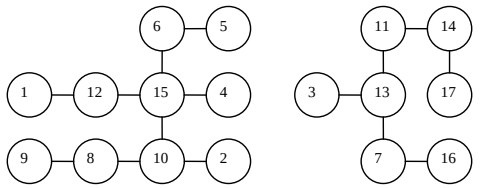
Сводная матрица расстояний представляет собой совокупность значений R_Y, найденных по каждому фактору (табл. 3). В ней также были отобраны единицы (факторы) с близкими значениями признаков путем нахождения наименьших (ненулевых) чисел в каждой строке матрицы расстояний.

В результате образовались следующие связи факторов: Ф1-Ф12, Ф2-Ф10, Ф3-Ф13, Ф4-Ф15, Ф5-Ф6, Ф6-Ф15, Ф7-Ф16, Ф8-Ф10, Ф9-Ф8, Ф10-Ф15, Ф11-Ф13, Ф12-Ф15, Ф13-Ф7, Ф14-Ф11, Ф15-Ф10, Ф16-Ф7, Ф17-Ф14. Дублирующиеся связи отбрасываются, а отдельные единицы объединяются в набор (рис. 1).

Таблица 3

Нахождение минимальных расстояний между факторами

	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10	Ф11	Ф12	Ф13	Ф14	Ф15	Ф16	Ф17	минимум
Ф1	0,00	1,37	1,36	0,48	0,88	4,14	0,57	0,54	0,51	0,49	1,42	0,35	1,49	2,23	1,36	0,54	2,94	0,35
Ф2	3,12	0,00	2,71	3,47	2,24	2,72	1,58	3,62	3,72	1,26	2,91	2,99	3,62	2,11	2,80	2,89	3,09	1,26
Ф3	2,31	2,01	0,00	2,20	1,82	3,79	1,13	1,43	2,23	3,28	1,36	1,15	0,45	0,52	0,53	0,47	1,54	0,45
Ф4	2,16	3,87	1,62	0,00	3,20	1,82	1,03	2,54	1,36	2,32	2,06	1,81	1,40	1,73	0,60	1,51	2,79	0,60
Ф5	1,91	3,92	2,20	1,87	0,00	0,51	1,51	2,71	2,22	1,63	2,05	2,24	3,28	2,75	1,06	1,72	3,54	0,51
Ф6	2,39	1,94	1,90	2,04	2,48	0,00	2,43	2,03	1,57	1,68	2,24	1,96	1,50	2,02	1,23	1,97	2,66	1,23
Ф7	2,20	1,30	1,52	3,85	1,23	2,18	0,00	3,01	1,45	1,31	3,18	1,13	0,48	0,52	1,29	0,15	0,47	0,15
Ф8	0,96	2,08	2,09	1,25	3,21	1,80	1,23	0,00	0,64	0,46	2,58	2,95	0,51	2,33	0,61	0,97	2,81	0,46
Ф9	3,00	2,64	0,75	1,43	1,79	1,29	0,72	0,58	0,00	1,88	1,59	2,08	1,48	3,23	2,79	1,49	2,99	0,58
Ф10	1,15	0,50	1,40	1,35	0,30	1,23	1,40	0,41	1,92	0,00	1,89	2,65	0,14	1,24	0,07	1,02	2,08	0,07
Ф11	1,27	1,42	1,42	1,71	1,25	3,30	3,21	2,14	3,07	1,89	0,00	1,11	0,16	0,76	1,84	0,45	1,75	0,16
Ф12	2,60	1,44	3,72	1,14	0,40	1,02	1,03	0,97	2,31	1,18	1,85	0,00	3,16	2,22	0,15	2,27	4,20	0,15
Ф13	2,85	2,83	1,29	0,52	1,66	2,22	0,29	1,04	2,26	0,96	1,19	3,07	0,00	1,09	1,25	0,60	0,75	0,29
Ф14	0,75	1,68	1,15	3,99	2,33	2,84	0,46	1,39	2,22	0,78	0,32	1,51	1,89	0,00	1,23	2,29	3,10	0,32
Ф15	3,20	2,90	2,93	1,68	2,30	1,44	2,19	1,55	1,47	0,91	2,87	2,40	2,54	1,44	0,00	2,14	2,14	0,91
Ф16	1,89	1,83	1,26	1,59	4,21	1,02	0,82	2,99	2,23	3,44	3,27	2,19	2,50	1,35	2,58	0,00	1,73	0,82
Ф17	0,99	1,42	1,30	1,85	1,62	3,82	2,24	1,89	2,32	1,78	2,09	1,50	1,30	0,87	1,64	3,08	0,00	0,87



Прим. В окружностях указаны номера факторов, перечисленных в табл. 2

Рис. 1. Скопления связей факторов конкурентной устойчивости

Условием дендрита является единство, поэтому для соединения разорванных единиц (связей) выбирается наименьшее расстояние между единицами, входящими в разные ломанные (рис. 2). Это расстояние между факторами 8 и 13. В итоге дендрит имеет форму ломанной, которая может разветвляться, но не может содержать замкнутых ломанных и в которой две любые точки множества ее соединены.

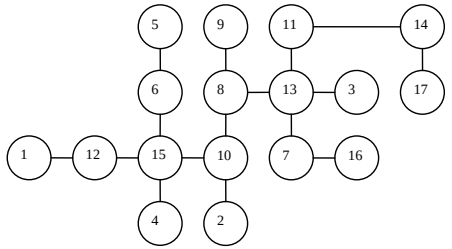


Рис. 2. Дендрит из факторов конкурентной устойчивости предприятий ПСМ

Таким образом, наличие взаимосвязи между факторами подтверждена. Для проверки анализируемых факторов на схожесть и возможность их объединения в подгруппы, предлагается использовать метод шаров [2], который позволяет разбить элементы конечного множества. Он используется, когда множество может быть представлено в виде единиц-точек на плоскости двумерного пространства. Единицы множества изображаются на плоскости, как точки с координатами, соответствующими связям между найденными ранее факторами: Ф1-Ф12, Ф2-Ф10, Ф3-Ф13, Ф4-Ф15, Ф5-Ф6, Ф6-Ф15, Ф7-Ф16, Ф8-Ф10, Ф9-Ф8, Ф10-Ф15, Ф11-Ф13, Ф12-Ф15, Ф13-Ф7, Ф14-Ф11, Ф15-Ф10, Ф16-Ф7, Ф17-Ф14 (рис. 3). Из каждой точки строится круг, радиус которого определяется как среднее значение из найденных по приведенной ниже формуле по каждой строке данных:

$$r = \overline{R_Y} + 2\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_{Yi} - \overline{R_Y})^2}{n}}. \qquad (3)$$

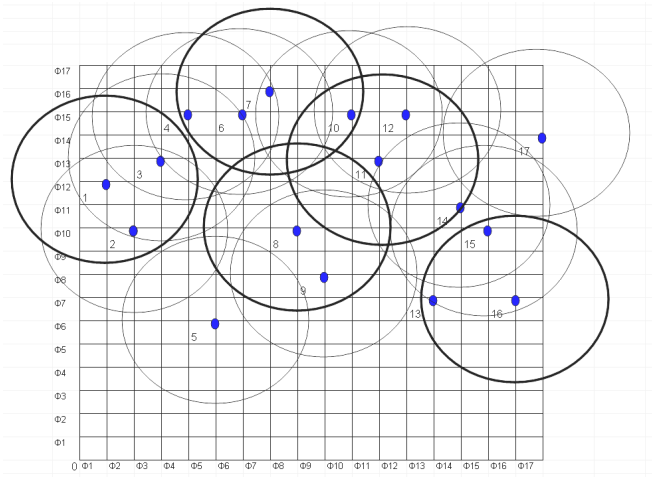


Рис. 3. Определение подмножеств факторов конкурентной устойчивости методом шаров

В нашем случае $\bar{r}$ = 3,58. На основании полученного радиуса строятся круги из каждой точки, затем подсчитывается число точек, находящихся внутри каждого «шара», начиная с ближайшего к началу координат. Таким образом, получены потенциальные подмножества факторов (1, 2, 3), (8, 9), (4, 6, 7, 10), (10, 12, 11, 14), (15, 16, 13). Как видно практически ни одно из приведенных подмножеств не имеет связи между элементами-факторами на дендрите. Отсюда оно сделать вывод, что подобранные факторы являются достаточно однородными. В подмножества можно объединить только факторы 8 и 9 (факторы развития экономики), а также 11 и 14 (их можно назвать инновационно-техническими факторами).

Таким образом, проведенный анализ подтвердил правильность подбора факторов конкурентной устойчивости, позволил оценить их влияние на предприятия ПСМ, а также показал наличие связи между установленными факторами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорошенко Ю.А., Лычев А.Ю. Промышленность строительных материалов и региональные приоритеты. Методические аспекты развития промышленности строительных материалов в условиях реализации структурных приоритетов регионального развития // Российское предпринимательство. 2009. № 2-2. С. 129-134.

2. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / В. Плюта; пер. с польского В.В. Иванова. М.: Финансы и статистика, 1989. 174с.

3. Рудычев А.А., Зеленский А.А. Повышение конкурентоспособности предприятий промышленности строительных материалов // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2006. № 3. С. 19-21.

Димитрюк А. А., старший преподаватель
Омский государственный университет

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

dimitryik@yandex.ru

В статье разносторонне рассматривается трудовой потенциал сотрудников и технологии работы с каждой компонентой данного потенциала в рамках службы управление персоналом предприятия.

***Ключевые слова**: квалификационный потенциал, личностный потенциал, психофизиологический потенциал, технологии работы службы управления персоналом предприятия, трудовой потенциал.*

Весь спектр проблем экономического развития России в ближайшие десять лет будет определять её способность к привлечению ресурсов для ускоренного роста. Современная экономика страны актуализирует ряд принципиально новых задач, важнейшая из которых – максимально эффективное использование трудового потенциала на предприятиях всех форм собственности. Именно это становится не только гарантией выживания, но и ресурсом для сохранения конкурентоспособности как можно дольше. Именно человеческий капитал на современном этапе обеспечивает устойчивое поступательное развитие предприятия. В контексте использования данного капитала важным является именно трудовой потенциал и его последующая эффективная эксплуатация. Очевидно, что успех предприятия напрямую зависит от эффективности работы его сотрудников. Следовательно, одна из наиболее перспективных стратегических задач – это целенаправленная научно обоснованная деятельность службы управления персоналом предприятия по активизации и стимулированию прироста трудового потенциала, а именно привлечению и эффективному использованию имеющихся ресурсов, для последующего решения проблем конъюктурного характера, что в свою очередь станет оптимальными условиями внутренней среды по достижению целей предприятия.

Электроэнергетика - важнейшая фундаментальная отрасль, обеспечивающая нормальную деятельность всех других отраслей экономики, функционирование социальных структур и необходимые условия жизни населения. В современных условиях неопределенности и риска, динамично изменяющейся ситуации, высокой скорости устаревания знаний особую актуальность для успешного функционирования современного предприятия электротехнического комплекса приобретает кадровый вопрос. Он проявляется в проблеме повышения трудового потенциала сотрудников, но данный феномен носит многокомпонентный характер (психофизиологический потенциал, личностный потенциал, квалификационный потенциал) [1]. Как следствие возникает проблема оптимизации составных частей трудового потенциала.

Обратимся к первой из них. Психофизиологический потенциал – способности и склонности человека, состояние его здоровья, работоспособность, выносливость, тип нервной системы может быть оценен посредством медицинской диагностики персонала, регулируемой нормативно-правовыми актами, и поддерживается наиболее традиционными категориями: безопасность труда и персонала, управление социальным развитием персонала, корпоративная социальная ответственность и, так называемый, соц. пакет.

Говоря о квалификационном потенциале как объеме и разносторонности общих и специальных знаний, трудовых навыков и умений, обусловливающих способность работника к труду определенного содержания и сложности, можно выделить разносторонние технологии воздействия: целевая контрактная подготовка специалистов, наставничество, система адаптации на предприятии, краткосрочные курсы повышения квалификации и т.д. Данная категория по сути своей трансформируется мало. Видоизменяются только формы. Она так же является максимально известной и понятной для специалистов службы управления персоналом на предприятии.

В современных условиях меньше всего внимания уделяется, именно личностному потенциалу, хотя его повышение впоследствии приведет к позитивному изменению трудового потенциала работника. Прирост личностного потенциала может дать синергетический эффект. Таким образом, задача формирование качественно нового работника с достаточно высоким уровнем личностного потенциала, включающего в себя психофизиологическую, трудовую и инновационную составляющие, требует безот-

лагательного решения. В целях разработки конкретных рекомендаций предприятию необходимо оценивать личностный потенциал своего персонала и выявлять основные направления его развития. Проблему развития личностного потенциала работников нельзя считать всесторонне изученной.

На одном из предприятий энергетической отрасли г. Омска мы столкнулись с двумя проблемами. Во-первых, недостаточно высокий трудовой потенциал сотрудников, во-вторых, не укомплектованностью штата руководителей ряда подразделений и инженерно-технического персонала. В контексте перемен, происходящих на предприятии, эти факторы могут нанести непоправимый урон организации. На предприятии стали решать вторую проблему в соответствии с кадровой политикой. Так кандидатов в первую очередь решено было подбирать из своего штата, при этом сама процедура доукомплектации штата должна была соответствовать требованиям эффективности в экономическом, временном и производственном отношении. Так как процедура аттестации персонала не могла удовлетворить данным требованиям. Встал вопрос о проведении иной процедуры оценки персонала, позволяющей сделать выводы о том, кто может быть назначен на должность руководителя подразделения, кто может занимать должность инженера в соответствии с категорией, необходимо ли обращаться к внешнему рынку труда. В тоже время, отдельных средств на проведение мероприятий по повышению трудового потенциала работника вообще и его личностного потенциала в частности не было. Таким образом выкристаллизировалась проблема возможности процедуры комплексной профессиональной диагностики личности не только достигать своей прямой цели, но и способствовать повышению личностного потенциала сотрудников [2].

В соответствии с логикой организации и проведения эмпирического исследования обратимся к последовательному описанию этапов. На первом этапе работы мы подобрали следующие методики:

- Диагностика мотивационной структуры личности по В.Э. Мильману;
- Методика исследования социальных ролей личности;
- Методика «Ценностные ориентации» (М. Рокич)

На втором эксперienциальном этапе нашего исследования, исходя из теории и практики изучаемой проблемы, производилась реализация программы мониторинга динамики личностного потенциала сотрудников.

На первом этапе исследования проводился мониторинг личностного потенциала линейных менеджеров. Общее число опрошенных составило 30 человек.

В результате проведенного исследования нами было обнаружено, что сдвиги, произошедшие в личностном потенциале сотрудников после прохождения ими процедуры комплексной оценки, во-первых, статистически значимы (однопроцентный уровень значимости), во-вторых, полностью исключена их случайная природа, в-третьих, они являются следствием включения их в процесс оценки, что подтверждено методами математической статистики (G критерий знаков, критерий φ* - углового преобразования Фишера, коэффициент ранговой корреляции Спирмена). Таким образом, при обращении к качественным характеристикам составляющего потенциала, можно сказать о том, что изменение мотивационного профиля в испытуемых экспериментальной группы произошло вследствие включения их в процедуру комплексной оценки. В Экспериментальной группе развивающие мотивы стали ведущими. Профили мотивационной сферы личности в целом в этой группе стали гармоничными. Это можно интерпретировать так, рабочая мотивация стала носить ведущую роль в формировании развивающей части профиля. В эмоциональном профиле показатели стеничности превышают показатели астеничности, что характеризует работников как эмоционально активных, энергичных, готовых к продуктивной деятельности. Общий профиль можно назвать экспрессивным – характеризуется заметными перепадами профильной линии, что говорит о стремлении группы к повышению уровня самоутверждения. Уровень профиля трудовой деятельности можно классифицировать как прогрессивный – характеризуется заметным превышением уровня развивающих мотивов над уровнем мотивов поддержания. Данный тип преобладает у лиц, добившихся успеха в работе или для тех, кто готов к свершениям. Группа стала склонна к активным, деятельным эмоциональным переживаниям и устойчивой, конструктивной, управляемой позиции в трудных ситуациях. Именно это станет базой успешности в деятельности экспериментальной группы. Отметим, что ранее данные характеристики не были свойственны данной группе.

В индивидуально-типических проявлениях личности появились новые роли, которые положительно трансформировали типичный индивидуальный образ и ролевое поведение, нормы поведения в профессиональной среде. Тем более, что относительно степени проявления они могут быть описаны как активные роли.

Масштаб роли профессионала в экспериментальной группе значительно расширился, когда в контрольной группе остался скудным. Если в контрольной группе подгруппы по способу получения роли профессионала, сотрудника, работника остались неизменны (либо неизбежность, либо перспектива достижения), то для экспериментальной группы роль профессионала стала восприниматься единообразно. То есть роль профессионала, лидера, руководителя стала интерпретироваться как реально существующая, но требующая совершенствования и активной работы. Раз для выборки характерна ведущая роль профессионала, следовательно, именно она определяет возможности эмоционального проявления ее субъекта, социальные нормы. Можно говорить о том, что роль профессионала на данный момент стала обеспечивать развитие человека как профессионала в экспериментальной группе. В контрольной группе её недостаточность проявления осталась неизменной. Так же, мы можем предположить, что наличествовавшая проблема в реализации роли профессионала, как проблема нарушения меры в ее усвоении, была преодолена в экспериментальной группе.

Так же мы установили статистически значимые отличия в уровне выраженности ценностных ориентаций по пяти базовым глубинным ценностям, которыми руководствуются испытуемые обеих групп: профессиональная самореализация (работа), семья, ценности дела, ценности самоутверждения, здоровье. Это указывает на то, что на 1 %-ом уровне значимости в экспериментальной группе данные ценностных ориентаций усилились, а в контрольной группе остались неизменными. Так же отмечена динамика возможностей реализации респондентами (экспериментальной группы) своих терминальных ценностей (работа, самоутверждение, ценности дела). Это можно интерпретировать как то, что они бы стали не только хотеть отдавать больше работе, карьере, социальным свершениям, но и, во-первых, нашли внутренние ресурсы для этого, во-вторых, перешли от пассивного состояния ожидания «удобного случая» к активизации собственно деятельной позиции. Соотнося эти данные с результатами предыдущих методик, мы можем констатировать, что ценности респондентов контрольной группы так и остались не реализованными, а ценности испытуемых в экспериментальной группе получили возможность к трансляции и претворению в жизнь.

Таким образом, стоит ещё раз отметить важность целенаправленного и систематического воздействия на трудовой потенциал предприятия. В нашей работе мы расширили круг возможных технологий воздействия, описав результаты проведенной работы на предприятии г. Омска. Подчеркнем, что основываясь на постулате психологии управления «одним своим присутствием, наблюдатель изменяет среду», возможно добиться синергетического эффекта увеличения и качественно изменения трудового потенциала для последующего решения проблем конъюктурного характера, что в свою очередь станет оптимальными условиями внутренней среды по достижению целей предприятия. Результаты работы указывают на необходимость дальнейшего изучения различных возможностей и особенностей профессиональной диагностики персонала и скрытого потенциала традиционных форм и технологий работы с человеческими ресурсами службы управления персоналом на предприятии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чаленко А.Ю. Оценка трудового потенциала // Капитал страны [Электронный ресурс]. URL:http://www.kapital-rus.ru/articles/article/204003/(дата обращения: 27.04.2012)

2. Димитрюк А.А. К вопросу о профессиональной диагностике личности в контексте проведения ассессмент-центра // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2012» – Выпуск 1. Том 29. - Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. С. 49 – 51.

Романович М. А., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОПАРК КАК ИНСТРУМЕНТ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА БАЗЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ*

Bel31rm@yandex.ru

Технологические парки являются эффективным инструментом стимулирования инновационной деятельности вузов и оказывают значительное влияние на социально-экономическое развитие регионов. В статье исследуется проблематика создания технопарков, история их создания, анализируется международный опыт технологических парков и России, в частности положительный опыт организации Международного технопарка БГТУ им. В.Г. Шухова.

Ключевые слова: *технологический парк, инновационной деятельности вузов, инновационная инфраструктура, инновационная система.*

Проблемы создания технопарков в последнее время привлекают все большее внимание со стороны ученых, научных центров и государственных органов всех уровней. Предпринимаются различные меры с целью повторить успешный международный опыт известных технопарков, созданных, как правило, при крупных научных центрах и призванных стимулировать развитие новых компаний, вовлеченных в наукоемкий высокотехнологичный бизнес. В тоже время, в настоящее время в частности в России, существует актуальная проблема организации эффективно действующих технологических парков в силу различий и особенностей: исторических, региональных, социально-экономических, нормативно-правовых, финансовых и других. Результаты наших исследований показали, что в последнее десятилетие накоплен также положительный опыт успешно работающих отечественных технологических парков, который может быть использован в субъектах Российской Федерации при схожих условиях регионального развития.

История развития концепции технопарков и ее реализации насчитывает свыше 60 лет. Первые научные, исследовательские парки появились в США в конце 40-х - начале 50-х гг. прошлого столетия: исследовательский парк в г. Менло-Парк, Калифорния (1948 г.), Стэндфордский промышленный парк, Калифорния (1953 г.), Промышленный центр в г. Волтхем, Массачусетс (1954 г.) [3]. По данным американской Ассоциации университетских исследовательских парков (Association of University Research Parks (AURP)), на сегодняшний день в университетских парках США и Канады работают около 300 тыс. человек, при этом каждое новое рабочее место в парке создает 2,57 рабочих мест в экономике обеих стран [4].

Технопарки - международный феномен: научные и технологические парки сегодня действуют во многих развитых и новых индустриальных странах. При этом их численность постоянно растет. Согласно Ассоциации научных парков Великобритании (UK Science Park Association), число британских научных парков с 1985 по 2010 гг. выросло с 18 до 68 . По данным на 2003- 2005 гг. в Швеции насчитывалось 23 научных парка, в Японии - 111; в Китае - свыше 100; в Макао, Малайзии, Сингапуре, Тайване и Таиланде - 5 (по одному на страну); в Индии - 13 [5].

Первый технопарк в Российской Федерации был создан в 1990 г. – «Томский научно-технологический парк». Затем их образование резко ускорилось: 1990 г. – 2 технопарка, 1991 г. – 8, 1992 г. – 24, 1993 г. – 43. На сегодняшний день создано около 80 технопарков, преимущественно при вузах, что, на наш взгляд, крайне недостаточно для реализации задачи технологического прорыва в сфере науки и инноваций России [2].

Несмотря на то, что технопарки существуют более полувека, на данный момент не существует общепринятого их определения, а так же устоявшейся классификации. Так, Международная ассоциация технологических парков в начале 2002 года предложила следующее определение: "Технологический парк - это организация, управляемая специалистами, главной целью которых является увеличение благосостояния местного сообщества посредством продвижения инновационной культуры, а также состязательности инновационного бизнеса и научных организаций. Для достижения этих целей технопарк стимулирует и управляет потоками знаний и технологий между университетами, научно-исследовательскими институтами, компаниями и рынками. Он упрощает создание и рост инновационным компаниям с помощью инкубационных процессов и процессов выведения новых компаний из существующих (spin-off processes). Технопарк помимо высококачественных площадей обеспечивает другие услуги" [1, 2]. При этом, Международная ассоциация технопарков отмечает эквивалентность таких понятий как "технологический парк", "технологический ареал", "исследовательский парк" и "научный парк". В США обычно используют термин "исследовательский парк", в Великобритании - "научный парк", в России - "технопарк".

Университетские технологические, научные и исследовательские парки призваны стимулировать процесс создания старт-ап-компаний, занимавшихся разработкой научных исследований и технологий на базе вузов, а также процесс коммерциализации результатов интеллектуальной собственности.

По определению Кембриджского университета (Великобритания), «Научный парк - это группа производственных наукоемких фирм или исследовательских организаций, которые размещены неподалеку от ведущего исследовательского университета на участке земли и пользуются выгодами от взаимодействия с этим университетом. Научный парк - это средство формирования системы расположенных рядом с ним производств и прикладных исследований, соответствующих по профилю источнику научно-технического прогресса» [6].

Результаты проведенных исследований показали, что технологические парки являются эффективным инструментом стимулирования инновационной деятельности вузов и оказывают значительное влияние на социально-экономическое развитие регионов. Так, например, американские исследователи Апберт Линк и Джон Скотт в статье «Американские научные парки: распространение инноваций и его влияние на академические миссии университетов» пришли к выводу, что близость предприятий к вузам и наличие венчурного капитала оказывали положительное воздействие на их рост. Кроме того, научный парк стимулировал публикационную и патентную активность университета, позволял трудоустраивать выпускников и приглашать на работу выдающихся ученых [7]. Исследователи из Швеции Ричард Фергюсон и Кристер Олофссон в статье «Научные парки и развитие новых технологических фирм: локализация, выживание и рост» показали, что фирмы, размещенные в парках, обладали большей степенью выживаемости, чем те, которые находились за его пределами [8].

Таким образом, университетские научные парки выполняют широкий спектр функций, наиболее важными из которых являются развитие различных форм сотрудничества между вузами, исследовательскими лабораториями, частными предприятиями, а также оказание содействие фирмам по преобразованию новых идей в инновационные, коммерчески успешные технологии.

В исследуемых странах технопарки являются важным компонентом, связывающим различные элементы инновационной среды.

На наш взгляд, при изучении положительного международного опыта организации технологических парков представляет интерес опыт Финляндии.

На сегодняшний день университетские научные парки и технологические центры Финляндии объединены под эгидой TEKEL. Последняя представляет собой экспертную организацию, которая оказывает содействие в развитии научных парков, выполняет на национальном уровне функцию координатора сетевого сотрудничества, а также предоставляет помощь в установлении, развитии и поддержке связей с государственным сектором, бизнес - сообществом, сферой науки и образования, международными партнерами. Деятельность TEKEL распространяется на 14 400 компаний, 2400 из которых размещается в научных парках.

Одним из важных элементов национальной инновационной системы Финляндии является созданный в 1992 г. научный парк Хельсинки. В числе его учредителей - Университет Хельсинки, государство (владеет двумя из семи долей активов парка) и частные предприятия. Руководству парка принадлежит 1/7 его активов. Половина от общего объема грантовой поддержки научный парк Хельсинки получал от Министерства торговли и промышленности Финляндии, ежегодные инвестиции в парк составляли 15 млн. финских марок. Научный парк Хельсинки выполняет функции центра экспертизы для вуза и частных предприятий, работающих в сфере генетики и молекулярной биологии. Объемы посевного финансирования инкубатора в составе парка и старт-ап-финансирования последнего составили 35 млн. финских марок, которые были направлены на создание программы НИОКР, систем качества, имиджа на национальном и международном уровнях, а также изучение социальных и этических вопросов. Кроме того, на эти средства были приглашены зарубежные специалисты для обучения сотрудников парка системам качества. Биоцентр объединил под одной крышей 1500 студентов и 400 преподавателей [9].

Из ряда технологических парков, организованных на базе вузов, считаем целесообразным, выделить положительный опыт Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, организовавшего на своей площадке международный технопарк.

Университет активно участвует в создании на своей базе современной инновационной инфраструктуры. Сформирована и динамично раз-

вивается эффективная модель учебного научно-инновационного комплекса, базовым элементом которого стали университетские научно-образовательные инновационные платформы. Последние включают в себя кафедру, научно-исследовательские лаборатории и малые инновационные предприятия, созданные с участием научных работников кафедр, а так же студентов, аспирантов и докторантов. Как следствие, научно-образовательная инновационная платформа обеспечивает полный цикл подготовки высококвалифицированных специалистов, осуществляет генерацию новых знаний, инновационные разработки, выпуск инновационной продукции [2]. Важнейшую роль в развитии университетского комплекса играет инновационный пояс - Международный «Технопарк Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова» (далее Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова) [10,11,12]. Основная цель его организации - осуществление международного сотрудничества и интеграции участников в сфере научно-исследовательских разработок и инноваций, а также внедрения результатов интеллектуальной деятельности ученых университета в промышленность и другие сферы экономики России и зарубежных государств.

Международный Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова объединяет порядка 200 ведущих производственных предприятий, общественных организаций и бизнеса России и зарубежных государств. На его площадке обеспечивается поддержка ученых во внедрении инноваций, а также содействие на взаимовыгодной основе в передаче технологий из вузовского сектора науки в сектор промышленности и партнерстве между государственным и частным секторами экономики; поиску стратегических партнеров для кафедр и факультетов университета; реализации программ сотрудничества между участниками и партнерами.

В настоящее время при университете функционирует свыше 80 малых инновационных предприятий в сфере энергосбережения, информационных технологий, нанотехнологий, создания новых материалов и конструкций, автоматизации технологических процессов. Одно из них - ООО «Фабрика информационных технологий». Компания изначально была нацелена на рынок IT-услуг, таких как разработка многопользовательских веб-сервисов, корпоративных информационных систем, программного обеспечения для автоматизации ключевых бизнес-процессов, создание веб-представительств и сайтов. Особенностью ООО «Фабрика информационных технологий» является ориентированность на развитие собственных проектов инновационного характера, среди которых «Виртуальная школа», «Портал Муниципальные услуги в сфере образования», Интерактивная афиша событий «2do2go.ru» и другие. Ключевым вектором развития компании является внедрение социально значимых проектов с использованием информационных технологий. Основной целью компании является формирование в Белгороде молодого профессионального сообщества, способного производить конкурентоспособную продукцию на международном уровне. Проекты ООО «ФИТ» активно участвуют в региональных и федеральных конкурсах.

Так же свои новые технологии активно внедряет на рынок малое инновационное предприятие ООО «Стройкомплекс». Компания реализует ряд стартапов, связанных со строительной сферой деятельности. Ведущий проект компании - производство композиционного вяжущего «ECOcement». Запущен в 2011 году, в 2012 году проект поддержан грантом Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (объем финансирования 6 млн рублей). В 2013 году запланирован запуск производственной линии мощностью 20000 тонн в год. Следующий проект «BULL-dozer» - интеллектуальная диспетчеризация грузовой техники в сфере обработки и транспортировки материалов строительного назначения. Так же малое инновационное предприятие «Стройкомплекс» участвует в создании коворкинг-центра.

Таким образом, технологические парки в России являются базисным элементом региональной и национальной инновационной системы. Положительный опыт организации Международного технопарка БГТУ им. В.Г. Шухова на базе университета в Белгородской области может быть полезен и интересен другим регионам России и зарубежным странам. В тоже время для дальнейшего активного развития механизма технологических парков на наш взгляд необходимо:

- внедрение механизма стимулирования активной интеграции науки и бизнеса: налоговые льготы, льготы на услуги ЖКХ и электроснабжение и тепло;

- совершенствование системы финансирования со стороны федеральных, региональных бюджетов и бизнеса программ развития технологических парков и старт-апов – резидентов технологических парков (опыт Финляндии);

- организация на национальном уровне координатора сетевого сотрудничества развития технологических парков (опыт Финляндии).

*Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт Международной ассоциации научных парков [Электронный ресурс]. URL: www.iasp.ws (дата обращения 01.03.2013).

2. Романович Л.Г. Совершенствование организационно-экономического механизма стимулирования инновационной деятельности в системе малого предпринимательства / диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Белгород. 2006.

3. Understanding Research, Science, and Technology Parks: Global Best Practices, Report of a Symposium I Committee on Comparative Innovation Policy: Best Practice for the 21st Century, Board on Science, Technology, and Economic Policy, Policy and Global Affairs, National Research Council; Charles W. Wessner, editor. - Washington, D.C.: National Academies Press, 2009. - P. 7.

4. Facts / Association of University Research Parks. [Электронный ресурс] URL: http://data.memberciicks.com/site/aurp/ AURP-MembershipBrochure.pdf. (дата обращения 15.02.2013).

5. University Entrepreneurship and Technology Transfer: Process Design and Intellectual Property. – Elsevier. 2005. - P. 14.57.

6. Инновационная инфраструктура: мировой опыт создания технопарков. [Электронный ресурс] URL: (www.tehsovet.ru/ 404/413.html) (дата обращения 10.03.2013).

7. Link A. N., Scott J. T. U.S. Science Parks: the Diffusion of an Innovation and its Effects on the Academic Missions of Universities // International Journal of Industrial Organization. 2003. - Vol. 21. - №. 9, -P. 1323 -1356..

8. Ferguson R., Olofsson Ch. Science Parks and the Development of NTBFs - Location, Survival and Growth // Journal of Technology Transfer, 2004. - Vol. 29. - № 1. - P. 15.

9. Abetti P. A. Government-Supported Incubators in the Helsinki Region, Finland: Infrastructure, Results, and Best Practices // Journal of Technology Transfer. - 2004. - Vol. 29. - №1. - P. 24.

10. Романович М.А., Рудычев А.А., Романович Л.Г. Венчурное инвестирование в инновационные предприятия за рубежом и в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С. 123-126.

11. Романович М.А., Евтушенко Е.И., Романович Л.Г., Оспищев П.И. Государственная поддержка инновационного предпринимательства молодых ученых на базе вузов России и Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 117-120.

12. Миссия, стратегические приоритеты, цели и задачи развития системы образования: монография / Е.А. Афанасьева, А.Р. Вышкина, В.В. Глебов, О.В. Исаакян, О.М. Перминова, Н.Н. Харитонова, Л.Г. Романович, П.И. Оспищев, М.А. Романович. - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2012. -184 с.

Климашевский К. А., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННО-ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ К КРИЗИСАМ

ROGOVA@intbel.ru

Настоящая статья посвящена анализу и оценке инвестиционно-инновационного потенциала предприятия на предмет структурной устойчивости и адаптивности к кризисам. В статье проводится исследование связей в интегральном потенциале предприятия, которые могут обеспечить сохранность его основных свойств, проявить устойчивость при влиянии внешних и внутренних изменений.

***Ключевые слова**: инвестиционно-инновационный потенциал, устойчивость, структурные сдвиги, индикаторы кризиса.*

В настоящий момент социально-экономическое развитие Российской Федерации, несмотря на общее положительное динамическое изменение, демонстрирует существенное замедление ряда показателей (снизились показатели промышленного производства, инвестиций, строительства, а также розничного товарооборота), что привело к замедлению общеэкономической динамики до 3,4% к началу 2013 г. против 4,3% в 2011 году. Однако, в целях перспективного развития экономики РФ, дальнейшее снижение приведенных показателей не только недопустимо, но и требует их динамического роста. Представляется, что достичь благоприятных результатов возможно посредством адаптации российской экономики к замедлению роста мировой экономики, снижения зависимости платежного баланса и экономического роста от притока иностранного капитала и состояния инвестиционного климата, активизации инвестиционно-инновационной компоненты российских предприятий, преодоления ограничений в инфраструктурных отраслях, сокращения дефицита квалифицированных рабочих и инженерных кадров [1–4].

В связи со сказанным особую актуальность приобретают вопросы, связанные с подробным анализом и оценкой инвестиционной и инновационной деятельности предприятия, в частности с исследованием потенциала предприятия в сфере инвестиций и инноваций.

В предыдущих своих работах мы говорили, что исследование структурных сдвигов проявляется в анализе изменений различных соотношений, разнообразных долей, пропорций и других количественных показателей, входящих в интегральный потенциал предприятия. Важность данного этапа состоит в том, что структурные сдвиги демонстрируют как сам процесс функционирования предприятия, так и его результативность.

Методика анализа и оценки инвестиционно-инновационного потенциала предприятия, по нашему мнению, состоит из ряда этапов, которые включают: отбор, расчет и приведение отобранных для исследования показателей к единой размерности; расчет интегрального показателя; анализ инвестиционно-инновационного потенциала на структурную устойчивость; анализ инвестиционно-инновационного потенциала на случайность, закономерность и на степень изломанности (адаптивность к кризисам). Алгоритм исследования, включающий все перечисленное, представлен на рис. 1.

Рассмотрим данный алгоритм на примере ЗАО «Белгородский цемент». Учитывая ограниченность объема работы, приведем некоторые расчеты в агрегированном виде.

Так, например, интегральное значение инвестиционно-инновационного потенциала предприятия представлено в табл. 1.

Таблица демонстрирует значения инвестиционно-инновационного потенциала предприятия за период 2008-2013гг. Для расчета мы использовали метод расстояний, который позволил установить, что наилучшее значение потенциала предприятия отражает показательный 2013 г., у которого по всем составным частям (производственным, кадровым, инвестиционным и инновационным) были достигнуты максимально результативные значения. Следовательно, для дальнейшей деятельности отправной точкой является 2013г. все последующие значения потенциала должны быть только выше значения 33,9274.

Перейдем к этапу 2 и проведем исследование инвестиционно-инновационного потенциала предприятия на предмет структурной устойчивости. Здесь необходимо определить, насколько значимы структурные сдвиги, поскольку от этого зависит, к каким модификациям могут привести изменения на предприятии, и как они отразятся на его устойчивости и результативности. В настоящей работе анализ структурных сдвигов опирается на работы [5, 6]. Результаты представлены в табл. 2.

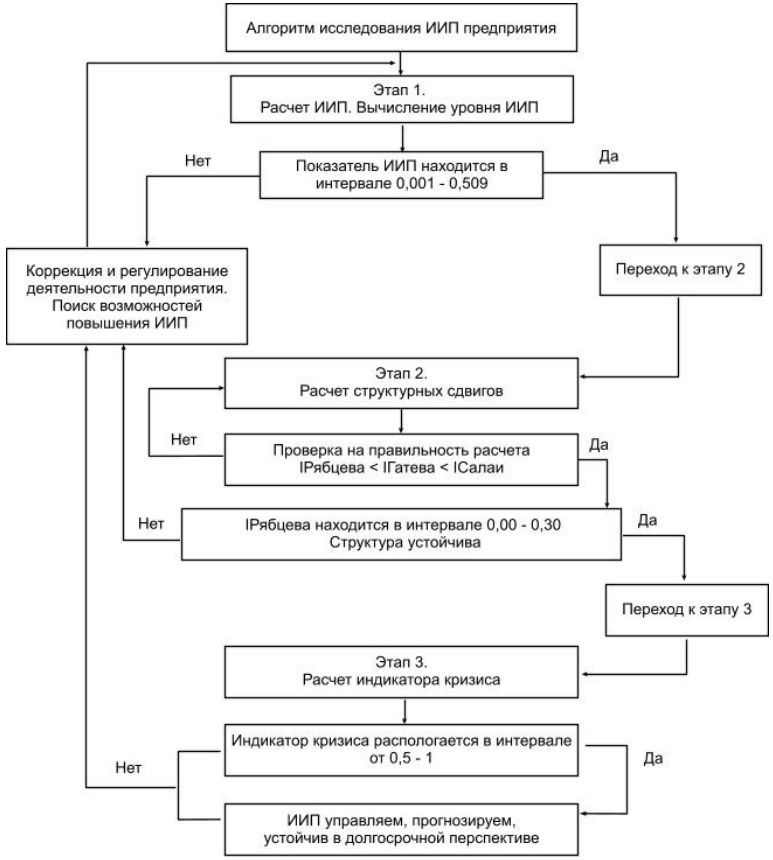


Рис. 1. Алгоритм исследования инвестиционно-инновационного потенциала предприятия на устойчивость и адаптивность к кризисам

Таблица 1

Интегральный инвестиционно-инновационный потенциал предприятия

Показатели	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Производственный потенциал	1,1317	1,1758	1,1674	1,2647	1,2098	1,0232
Кадровый потенциал	0,8192	1,0623	1,0182	0,5999	0,5082	0,4951
Уровень инноваций	1,2015	0,9762	0,9816	0,8976	0,6391	0,0000
Уровень инвестиций	0,5500	0,5000	0,3000	0,2000	0,0500	0,0000
Общий потенциал	37,91543	39,40151	39,07858	42,11946	40,2094	33,9274

Таблица 2

Индексы структурных сдвигов ЗАО «Белгородский цемент» за пять лет

Индексы	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
производственного потенциала					
Рябцева	0,6005	0,1205	0,0231	0,0661	0,0552
Салаи	0,4112	0,1431	0,1156	0,0544	0,1157
Гатева	0,7281	0,1692	0,0326	0,0933	0,0779
кадрового потенциала					
Рябцева	0,0910	0,0771	0,0482	0,0756	0,0304
Салаи	0,1521	0,1659	0,1738	0,1063	0,0590
Гатева	0,1281	0,1087	0,0680	0,1066	0,0430

Следует сказать, что критерий В. М. Рябцева, представленный в табл. 2 определялся как «отношение фактической меры расхождений значений двух структур с их максимально возможным значением» [6]. Достоинством этого критерия является независимость значений от числа градаций статистической совокупности. Поэтому для интерпретации расчетных данных воспользуемся индексами и шкалой, которую разработал Рябцев (табл. 3)

Таблица 3

Оценочная шкала меры существенности структурных сдвигов

Интервал индекса структурного сдвига	Характеристика
0,000 – 0, 030	Структуры тождественны
0,031 – 0,070	Весьма низкий уровень различия
0,071 – 0,150	Низкий уровень различия
0,151 – 0,300	Существенные различия
0,301 – 0,500	Значительные различия
0,501 – 0,700	Весьма значительный уровень различий
0,701 – 0,900	Противоположный тип структур
0,901 и выше	Полная противоположность структур

Следует отметить, структурная устойчивость производственного потенциала предприятия в исторический период отражала неустойчивые результаты. Так, в соответствии с оценочной шкалой Рябцева в период 2008-2009гг. структура имела значительные изменения, что отражает действие экономического кризиса на потенциал предприятия. К сожалению, менеджментом предприятия в тот период не было выработано соответствующих упреждающих действий, ограждающих и локализующих факторных влияний. В последующие годы (в период 2010-2011 гг.) структурная устойчивость увеличилась и достигла наилучшего значения. Следовательно, в этот период действие факторов извне не нанесет потенциалу предприятия никакого ущерба, а это позволит укрепить потенциал и создать условия для дальнейшего эффективного функционирования. Что касается кадрового потенциала предприятия, то здесь серьезных нарушений не выявлено, что положительно характеризует менеджмент кадров. Расчетный уровень отражает структурную устойчивость кадрового потенциала.

Следующим этапом, в разработанном автором алгоритме, является исследование потенциала предприятия на предмет случайности, закономерности, на степень кризисности и изломанности.

Мы уже говорили, что оценочные методы, существующие для исследования инновационной и инвестиционной деятельности предприятия, недостаточно эффективны и применимы в ситуациях неопределенности и риска. Поэтому мы предлагаем воспользоваться методами теории хаоса. Именно теория хаоса имеет необходимый математический аппарат, который позволяет изучать динамические системы во времени, а также дает возможность принимать решения в зависимости от будущего инвестиционного состояния предприятия.

Для реализации подхода теории хаоса необходимо провести ряд итераций состоящих из построения временного ряда, определения среднего значения, стандартного отклонения, нормированного размаха, построения кумулятивного ряда, скорректированного размаха и многое другое [7]. Результаты расчета представлены в табл. 4.

Таблица 4

Расчет индикатора кризиса предприятия

№п/п	Показатели	Показатель Rn/Sn	Показатель H	Индикатор кризиса 2-H
1	Производственный потенциал	3,2448	0,5112	1,4888
2	Кадровый потенциал	4,6628	0,6686	1,3314
3	Уровень инноваций	3,9753	0,5994	1,4006
4	Уровень инвестиций	4,8193	0,6830	1,3170
5	Общий потенциал	3,2567	0,5128	1,4872

Необходимо отметить, если значения показателя H находятся в пределах $0 \le H < 0,5$, то такой потенциал предприятия, говоря на языке теории хаоса, является антиперсистентным. Здесь может происходить возврат к среднему значению, реверсивное движение. После спада обязательно следует подъем, и наоборот. Прогнозирование данного потенциала предприятия на будущее нецелесообразно. У такого предприятия присутствует хаотическое поведение. Если же H равен 0,5, то потенциал случайный. Настоящие события не влияют на будущие, а система

предприятия хаотична и непредсказуема. Прогнозировать такой потенциал на будущее также нецелесообразно. Однако если значения показателя располагаются в диапазоне от 0,5 до 1,0, то потенциал, на языке теории хаоса, является персистентным, трендоустойчивым, прогнозируемым, с долговременной памятью. Происходящие события влияют на последующие, а также сохраняются еще некоторое время в будущем. Устойчивость увеличивается при приближении H к 1 или к 100 %, а риск минимизируется.

Исследуя деятельность ЗАО «Белгородский цемент» следует сказать, что производственный и кадровый потенциал, а также уровни инвестиций и инноваций предприятия находятся в трендоустойчивой зоне, достаточно прогнозируемой, с долговременной памятью. Все события, происходящие на предприятии, сохраняются некоторое время в будущем. Таким образом, следует сохранять все прибыльные проекты предприятия, все положительные тенденции, которые благоприятно отражаются на деятельности завода.

Рассмотрим теперь значения индекса кризиса. Так, например, если значение индекса находится в районе 1,4, то на потенциал предприятия влияет одна или несколько движущих сил, которые направляют движение потенциала в том же направлении, в котором двигаются сами. Если будет оказано положительное влияние, то произойдет наращение потенциала предприятия, если же будет осуществлено отрицательное влияние, то потенциал снизится во столько раз, во сколько на него будет действовать сила давления. При увеличении показателя кризисности возникают разнонаправленные силы, влияющие на потенциал предприятия. Эти силы сложно прогнозировать, управлять и описывать, если же показатель приближается к двум, то управлять таким потенциалом будет практически невозможно. Поэтому следует не допускать повышения данного показателя до критического уровня. Для этого необходимо постоянно контролировать уровень интегрального значения потенциала и его составляющих, проверять структурную устойчивость и корректировать уровень инноваций и инвестиций. Способы корректировки инвестиционно-инновационный потенциал предприятия мы рассмотрим в наших следующих работах.

Таким образом, настоящая работа раскрывает пошаговый алгоритм анализа и оценки инвестиционного потенциала предприятия с позиции устойчивости и адаптивности к кризисам. Следует еще раз отметить, что подход, разработанный автором, позволяет детально рассмотреть, как поведет себя структура предприятия под воздействием факторов влияния, а также изучить адаптационные возможности предприятия с перспективой на будущее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А. Теоретико-методические аспекты оценки потребности предприятия в инвестиционных ресурсах // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 10. С. 11-16.

2. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А. Оценка эффективности и моделирование интеграционных подходов к активизации инновационной деятельности предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 9. С. 8-19

3. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А. К оценке экономической эффективности инноваций разных типов // Экономический анализ: теория и практика. 2005. № 4. С. 7-10

4. Дорошенко Ю.А., Голиков П.Г. Координация и управление инвестиционным проектами на уровне региона// Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2008. № 3. С. 21-25.

5. Красильников О.Ю. Проблемы структурных преобразований в экономике // Экономист. 2005. № 8. С. 52-58.

6. Рябцев В. М., Чудилин Г.И. Структурно-динамический анализ индикаторов инвестиционного климата в Самарской области // Вопросы статистики. 2002. № 10. С. 30-38.

7. Шредер, М. Фракталы, хаос, степенные законы. Киров. : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. 528 с.

Жантаева Г. М., ст. преп.
Таразский Инновационно-Гуманитарный Университет Республики Казахстан
Усманов Д. И., ассистент, аспирант,
Ягуткина Е. С., частный инвестор,
Ягуткин С. М., д-р экон. наук, проф.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ОШИБОК ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

yagutkin@yandex.ru

В статье рассматриваются проблемы формирования и развития методологической концепции теории управленческих ошибок институционального развития АПК, обосновывается циклический характер институциональных кризисов и катастроф в неустойчивой экономики нестабильного общества, предлагается классификация управленческих ошибок.

Ключевые слова. *Нестабильное общество, неустойчивое экономическое развитие, теория управленческих ошибок, институциональные факторы развития АПК, организационные кризисы и катастрофы, институциональное развитие экономики, классификация управленческих ошибок.*

Теория управленческих ошибок институциональной экономики в России и за рубежом всегда находилась, продолжает и будет находиться в будущем под своеобразным идеологическим табу, что объясняется следующими причинами.

Во-первых, чисто психологически, публичное признание ошибок, умение делать из них соответствующие выводы, а так же наличие дара убеждения о возможности исправления последствий допущенных ошибок и перехода объекта управления в качественно иное состояния предполагает обладание соответствующими индивидуальными качествами, которые свойственны далеко не всем работникам органов институционального управления. Данные тестирования 120 административно-управленческих работников профильных институтов АПК, проведенные нами в Казахстане и России в 2009-2012 гг. показали, что не более 10% от их общего количества готовы публично признать функциональные ошибки.

Во-вторых, признание собственных ошибок для административно-управленческих работников может иметь эффект антирекламы. В условиях, жесткой конкурентной политической борьбы, выборности центральных и региональных органов власти, признание допущенных ошибок может нанести вред имиджу не только самих работников аппарата управления, но и политическим партиям, которые они представляют. Поэтому подчиняясь партийной дисциплине, управленческий персонал вынуждены скрывать недостатки действующего институционального механизма и результатов его реформирования.

В-третьих, информация о допущенных аппаратом управления ошибках может привести к увеличению «упущенной прибыли» за счет разрыва сложившихся и потери перспективных хозяйственных связей, а вместе с этим и снижению потенциальной прибыли хозяйствующих субъектов рынка, финансирующих лоббистскую деятельность политических партий формирующих институты управления развитием АПК.

Существуют различные определения институционального развития [1-5], однако общее содержание отражает изменение системы взаимосвязи между хозяйствующими субъектами процесса общественного воспроизводства.

С позиций предмета исследования, категория «институциональное развитие АПК» предполагает интенсивное развитие производства продуктов питания и сельскохозяйственного сырья в неустойчивой экономике, характерной для нестабильного общества.

Категория «неустойчивая экономика» – это система отношений общества, при котором неизбежны циклические изменения, связанные с различными фазами её развития: спад, оживление, рост.

Категория «нестабильное общество» предполагает наличие устойчивых групп населения с ярко выраженными антагонистическими противоречиями, разрешение которых сопровождается перманентными социально-экономическими конфликтами.

Категория «управленческая ошибка аппарата управления сельскохозяйственного предприятия» – это процесс разработки и реализации комплекса мероприятий, способствующих не оптимальному использованию ресурсов и образованию упущенной прибыли, при производстве и обмене продуктов питания и сельскохозяйственного сырья.

Развитие современной методологической концепции теории управленческих ошибок институционального развития АПК предполагает выделение следующих основных положений.

Первое – управленческие ошибки неизбежны, в известном смысле слова, они носят фатальный характер. Приоритет развития научно-технического прогресса, его многогранный характер предопределяет неизбежность возникновения ошибок и потерь в отношении любой системы управления независимо от уровня иерархии и достигнутых результатов. Смысл данного постулата заключается в том, что каких бы впечатляющих успехов не добивался аппарат государственного управления и хозяйствующие субъекты рынка, всегда имеются неиспользуемые резервы производства связанные с новыми достижениями научно-технического прогресса, о которых работникам аппарата управления ничего неизвестно, поэтому оптимальный вариант разработки и реализации управленческих решений, всегда лучше используемого варианта. Результаты проведенного нами анализа показывают, что фактическое производство сельскохозяйственной продукции с 1га пашни в Казахстане, Белгородской и Нижегородской областях, относительно расчетного максимального биоклиматического потенциала, предполагающего внедрение интенсивных технологий и внедрение достижений научно-технического прогресса, в среднем снизилось с 78% в 1986-1990 гг. до 65% в 2000-2006 гг. и 63% в 2007-2011гг., соответственно. Тенденция снижения, связана с износом активной части основных средств сельскохозяйственных предприятий и нарушением баланса между внесением и выносом питательных веществ, ведущему к снижению естественного плодородия почв. Данные тенденции являются типичными для фаз кризиса неустойчивой экономики, нестабильного общества.

Второе. Полную величину управленческой ошибки невозможно определить методами прямого счета, поэтому управленческие потери институционального развития во многом абстрактны и субъективны. Они могут быть выражены через оценку достигнутых результатов объектов управления, привязанных к конкретной ситуации, в пространстве и времени. Например, системе управления конкретного сельскохозяйственного предприятия, его структурных подразделений, производству и продажам в оптово-розничной торговле конкретных видов продуктов питания, сельскохозяйственного сырья и т.д.

Третье. Наличие двойственного характера проявления управленческой ошибки. Это, во-первых, снижение количества потребляемых благ, в данном случае производства и потребление продуктов питания и сельскохозяйственного сырья, членами общества, ухудшение рациона питания значительной части населения. Во-вторых, это величина перерасхода ресурсов, вследствие их недостаточно эффективного использования в сравнении с оптимальным вариантом развития и не использованием обществом имеющихся резервов производства. Это приводит к росту затрат на производство и росту цен на продукты питания, извлечением монопольной ренты, оплатой конечными потребителями бесхозяйственности, бесполезных и экономически необоснованных издержек, содержанием лишних промежуточных звеньев и посредников. Например, из-за различных торговых наценок, удельный вес сельскохозяйственного сырья в 1кг хлебобулочных изделий колеблется по регионам России и Казахстана примерно в одинаковых границах: от 15 до 23%. Поэтому, при убыточности сельскохозяйственного производства предприятия торговли и переработки имеют устойчивую прибыль.

Четвертое. Институциональные управленческие ошибки всегда ведут к неизбежным экономическим потерям. Однако риски потери ресурсов, вызванные ошибками аппарата управления не должны угрожать жизнеспособности сельскохозяйственного предприятия, т.е. являться причиной организационной катастрофы, ведущей к смене собственника ресурсов. Проведенные исследования показывают, что следствием низкой рентабельности и убыточности 680 из 740 исследуемых хозяйств Южного Казахстана, Белгородской и Нижегородской областей в 2000-2011 г. являются объективные внешние институциональные факторы, характерные для всех постсоветских государств: межотраслевые и межрегиональные диспропорции, диспаритет цен и т.д.

Пятое. Производство и реализация сельскохозяйственной продукции связано с риском неблагоприятного воздействия природных факторов и формированием страховых переходящих запасов оборотных средств. Однако, ошибки управления связанны с риском проявления неучтенных, форс-мажорных факторов и обстоятельств, поэтому их невозможно хеджировать. Ошибки институционального управления всегда связаны с проявлением человеческого фактора. Поэтому, повышение квалификации специалистов, плановая переподготовка работников аппарата управления, изучение и внедрение достижений передового опыта существенно снижают вероятность риска их появления.

*Шестое***.** Аналитические расчеты количественных оценок управленческих потерь, причины и последствия ошибок институционального управления всегда носят рекомендательный (индикативный) характер. Совершенству искусства управления нет предела, иначе остановить-

ся прогресс общества. Поэтому задача многокомпонентного институционального анализа заключается в том, что бы на этом временном этапе развития системы управления выявить имеющиеся ошибки их устранить и перейти на качественно новый этап. Прогнозы риска управленческих ошибок носят вероятный характер. Их задача не допустить повторения существующих ошибок. Затем выявить новые неизбежно возникающие ошибки, снова их устранить и перейти на новый еще более высокий уровень качественного развития и так бесконечно пока существует сама жизнь и человеческое общество.

Седьмое. Научно-технический прогресс, увеличение ресурсов, находящихся в собственности и пользовании сельскохозяйственных предприятий, рост масштабов производства, способствуют повышению количественных потерь допущенных ошибок институционального управления.

Восьмое. Усиление конкурентной борьбы, увеличение корпоративных связей, усложнение стоящих перед аппаратом управления задач, диверсификация производства способствуют тенденции увеличения количества допускаемых ошибок. Практически все из 1000 чел. опрошенных руководителей сельскохозяйственных предприятий отметили, что за период с 1992-2011 гг. их рабочая нагрузка существенно возросла, что привело к увеличению интенсивности и росту продолжительности рабочего дня.

Девятое. Многоотраслевой характер сельскохозяйственных предприятий способствует образованию эффекта обратной связи, суть которого заключается в том, что ошибки и потери ресурсов, допущенные в одной отрасли, ведут к увеличению предпринимательского риска в других отраслях. Например, снижение объемов производства в кормопроизводстве, автоматически приводит к сокращению объемов производства в животноводстве.

Десятое. Для ошибок институционального управления характерно наличие жизненного цикла состоящего из следующих взаимосвязанных этапов: выявление ошибки; определение потерь ресурсов; выявление причин возникновения ошибки и разработка рекомендаций по устранению ее последствий; прогнозирование предпринимательского риска и проведение комплекса мероприятий по его снижению.

Одиннадцатое. Причины возникновения ошибок институционального управления имеют тройственный характер. Во-первых, появление качественно новых ошибок, связанных с воздействием научно-технического прогресса, усложнением и качественным изменением проблем, стоящих перед аппаратом управления. Во-вторых, появление новых ошибок связанных с использованием нетрадиционных подходов решением старых проблем. В-третьих, повторение допущенных ранее ошибок.

Мировая практика показывает, что в условиях кризиса ошибки институционального управления связанные с решением новых, неизвестных ранее аппарату управления задач примерно составляют более 60% от их общего количества. Аналогичная ситуация сегодня наблюдается и в России, где подавляющая часть работников аппарата управления столкнулась с новыми, до селе неизвестными задачами. Отсюда неизбежные ошибки.

Двенадцатое. Допущенная ошибка не должна дважды повторяться. Для этого используется мониторинг управленческих ошибок. Причины, вызывающие каждую ошибку должны анализироваться и систематизироваться. Выводы и рекомендации управленческого анализа должны способствовать качественному изменению всей системы управления сельскохозяйственным предприятием, её адаптации к достижению новых целей и задач. При этом изучается ошибки управления, допущенные другими хозяйствующими субъектами продовольственного рынка. В известном смысле слова искусство институционального управления заключается в том, чтобы не повторять чужие и собственные ошибки. Аппарат управления, дважды повторяющий одну и ту же ошибку, является профессионально некомпетентным. Специфика современной России заключается в том, что разрушение действующей во времена Советского Союза системы повышения квалификации и переподготовки кадров, автоматически привело к тиражированию типичных ошибок. Все из 1000 чел. опрошенных руководителей отметили, что они в различной степени повторяют типичные ошибки, допущенные их коллегами из других хозяйств и признали необходимость восстановления прежней системы повышения квалификации работников аппарата управления.

Управленческая ошибка, как ситуация возможной потери ресурсов ведет к увеличению предпринимательского риска сельскохозяйственных предприятий. Чем больше вероятность управленческой ошибки, тем выше риск, тем сложнее поиск заинтересованных партнеров и меньше возможность привлечения внешних инвестиций.

Теория управленческих ошибок в институциональной экономике находится в стадии своего формирования, поэтому представляется целесообразным для определения взаимосвязи между ошибками аппарата управления и рисками потерь ресурсов провести их классификацию. В широком смысле слова понятие классификация означает разделение по признакам. Отсюда в

самом общем виде *классификация управленческих ошибок – это распределение риска потерь ресурсов по определенным признакам на конкретные группы, с которыми может столкнуться аппарат управления сельскохозяйственных предприятий, при принятии и реализации управленческих решений необходимых для достижения поставленных целей и задач.*

Это положение лежит в основе классификации ошибок институционального управления, представленной в табл. 1.

Таблица 1

Предлагаемая классификация ошибок институционального управления

Признак	Виды управленческих ошибок
Результат последствий	Допустимые, недопустимые
Иерархия управления	Объективные, субъективные
Время действия	Оперативные, тактические и стратегические
Функции управления	Технологические, организации, координации, планирования, маркетинга, сбыта и торговли
Масштаб последствий	Локальные (допустимые), глобальные (недопустимые)
Последствия воздействия	Катастрофические, кризисные, устранимые
Степень проявления	Первичные, вторичные
Тенденции развития	Динамические, статические
Характер проявления	Циклические, ожидаемые, непредсказуемые (форс-мажорные)
Отношение к среде	Внутреннего проявления и внешнего проявления
Используемые ресурсы	Технологические, кадровые, финансовые, организационные
Опыт управления	Ретроспективные, инновационные
Уровень конкурентоспособности	Ошибки лидеров, ошибки среднестатистических конкурентов, ошибки аутсайдеров
Субъект управления	Индивидуальные (эксклюзивные), типичные
Способ принятия решения	Личные, групповые
Метод управления	Административные, экономические, социально-психологические

Построение классификации ошибок институционального управления предполагает выделение её тройственного характера. *Во-первых*, ошибка может, как зависеть так и не зависеть от уровня профессиональной подготовки и результатов профессиональной деятельности конкретных работников аппарата управления или структурных подразделений системы институционального управления, выполняющих свои функциональные обязанности. Ошибки изначально могут носить объективный и субъективный характер. *Во-вторых*, управленческая ошибка, как характеристика профессиональной деятельности персонала управления сельскохозяйственного предприятия зависит от способов принятия и реализации управленческих решений. *В-третьих*, как результат деятельности системы институционального управления ошибка всегда ведет к потери ресурсов.

Ключевым положением современной теории ошибок институционального управления является то, что результаты последствий допускаемых аппаратом управления ошибок не должны приводить к возникновению организационных кризисов и катастроф на сельскохозяйственных предприятиях.

Предлагаемая категория «организационный кризис» – это состояние сельскохозяйственного предприятия, при котором его дальнейшее функционирование невозможно без потери части ресурсов. Как правило, это состояние возникает в убыточных и низкорентабельных хозяйствах, которые не имеют необходимых финансовых ресурсов для ведения расширенного воспроизводства и вынуждены продавать часть основных ресурсов для ликвидации финансовой задолженности.

Предлагаемая категория «организационная катастрофа» – это состояние сельскохозяйственного предприятия, при котором оно объявляется банкротом, и вводится институт внешнего управления, с последующим юридическим оформлением смены собственника.

Прогнозирование рисков возникновения ситуации организационных кризисов и катастроф, предполагает осуществление следующих основных этапов в системе диагностики и управления ошибками аппарата управления.

Первый этап заключается в том, что бы на основе многофакторного сравнительного анализа конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий, а так же изучения достижений научно-технического прогресса выявить допущенные управленческие ошибки и причины их возникновения.

На *втором этапе* анализируются причины и последствия допущенных ошибок, оцениваются сложившиеся и потенциальные потери ресурсов, прогнозируется изменение ситуации предпринимательского риска в ближайшей и отдаленной перспективе. При этом основной упор делается на оценку эффективности институтов антикризисного управления системы органов

государственного и муниципального управления.

Третий этап заключается в идентификации проблем институционального управления. Поскольку, современная методологическая концепция теории проблем управления находится в стадии своего формирования, то представляется целесообразность раскрыть смысловое содержание рассматриваемой экономической категории «проблема институционального управления». С позиций предмета исследования – это ситуация, при которой достижение поставленных целей и задач, связанных с производством и реализацией продукции сельского хозяйства традиционными методами и институтами управления не представляется возможным. Решение проблем всегда предполагает использование новых оригинальных и нетрадиционных способов их решения. Поэтому на этом этапе аппарат институционального управления акцентирует свое снимание на изучении достижений научно-технического прогресса и экономической целесообразности их внедрения в производство, с целью приобретения сельскохозяйственным предприятием конкурентных преимуществ основанных на повышении качества продукции и сокращением затрат на её производство.

Четвертый этап предполагает обоснование критериев оптимальности управленческих решений. Безусловно, для каждой конкретной ситуации используются индивидуальные критерии оптимальности, однако, с позиций повышения конкурентоспособности отечественных производителей, реализация принимаемых аппаратом управления решений должна способствовать снижению затрат и увеличению объемов производства и реализации сельскохозяйственной продукции.

На *пятом этапе* осуществляется выбор стратегической альтернативы. Здесь составляются технологические карты, обосновываются объемы производства и реализации продукции, осуществляется выбор каналов реализации и заинтересованных партнеров. Рассматриваются различные варианты, и утверждается в окончательном виде бизнес план сельскохозяйственного предприятия.

Шестой этап предполагает обоснование допустимых границ предпринимательского риска, расчет перспективных критериев конкурентоспособности сельскохозяйственного предприятия на ближайшую и отдаленную перспективу.

На *седьмом этапе* осуществляется выполнение принятых решений и организация управленческого мониторинга. Это позволяет определить отклонения фактических результатов от оптимальных, выявить новые ошибки управления связанные с развитием научно-технического прогресса и разработать комплекс мероприятий по повышению конкурентоспособности сельскохозяйственного предприятия.

Таким образом, современная методологическая концепция теории управленческих ошибок институционального АПК, предполагает проведение комплекса мероприятий по повышению эффективности сельскохозяйственного производства, снижению величины предпринимательских рисков. Институциональное развитие напрямую связано с процессом выявления допущенных аппаратом управления ошибок, анализом причин их возникновения, разработкой комплекса мероприятий по их своевременному устранению, повышению конкурентоспособности отечественных производителей и планомерному переходу системы институционального управления в качественно новое состояние.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абубакиров Р.Ф. Институциональное регулирование инвестиционно-инновационных отношений в социальной сфере современной российской экономики: монография – М.: Издательство «Креативная экономика», 2008. – 296 с.

2. Кирдина С. Г. X и Y экономики: Институциональный анализ: Политика; Идеология; Экономика: Монография, М.: Наука, 2004 – 256 с.

3. Мельников В.В. Институциональная трансформация механизма государственных закупок в постсоветской России: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 220 с.

4. Нурев Р.М. Очерки по истории институционализма. Ростов н/Д: Изд-во "Содействие - XXI век"; Гуманитарные перспективы, 2010. – 480с.

5. Сухарев О.С. Институциональное планирование, траектории институционального развития и трансакционные издержки. – JOURNAL OF INSTITUTIONAL STUDIES (Журнал институциональных исследований) Том 4, № 3. 2012 с. 95-11

6. Фрейнкман, Л. М. Анализ институциональной динамики в странах с переходной экономикой / Л. М. Фрейнкман, В. В. Дашкеев, М. Р. Муфтяхетдинова – М.: ИЭПП, 2009. – 252 с.: ил. – (Научные труды / Ин-т экономики переход. периода; № 126).

Рудычев А. А., д-р экон. наук, проф.,
Никитина Е. А., канд. экон. наук, доц.,
Гавриловская С. П., канд. экон. наук
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ И РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Elena_nikitina79@mail.ru

Работа посвящена исследованию оценки конкурентоспособности предприятия. Авторами предложена модель оценки, основанная на группах показателей, характеризующих его производственную деятельность, финансовое положение, экономическое состояние, конкурентоспособность товара в сравнении со значением конкурента и эффективность сбыта.

***Ключевые слова**: конкурентоспособность, предприятие, модель оценки, показатели конкурентоспособности.*

Для формирования системы управления конкурентоспособностью предприятия в качестве оцениваемых направлений деятельности предприятия и основных конкурентов может быть выбрано определенное четко ограниченное число показателей. Перечень используемых параметров и степень их конкретизации определялись следующими методическими предпосылками.

Во-первых, количество оцениваемых характеристик должно быть достаточно ограниченным с целью обеспечения оперативности принимаемых управленческих решений.

Во-вторых, в силу сложности и многогранности проблемы и отсутствия общепризнанных подходов к оценке конкурентоспособности, которая требует обширных самостоятельных научных исследований, в предлагаемой модели использованы результаты, полученные ранее отечественными и зарубежными авторами.

Группировка показателей опирается на анализ широкого комплекса проблем технического, экономического и социального характера, в результате чего выявляются переменные, обеспечивающие конкурентоспособность. Исходной точкой такого анализа является определение перечня технических и экономических факторов конкурентоспособности, которые трактуются как совокупность критериев количественной оценки уровня конкурентоспособности предприятия.

Авторами предлагается модель оценки уровня конкурентоспособности предприятия (рис. 1), основанная на группах показателей, характеризующих его производственную деятельность, финансовое положение, экономическое состояние, конкурентоспособность товара в сравнении со значением конкурента и эффективность сбыта. Предлагаемый метод и модель оценки конкурентоспособности может использоваться при проведении анализа субъекта рынка с целью определения его потенциальных возможностей, а также для разработки организационно-экономических мероприятий, устраняющих диспропорции между его возможностями и результатами деятельности [1].

В модели задача оценки конкурентоспособности предприятий формулируется следующим образом: рассчитать значение интегрального показателя конкурентоспособности сравниваемых предприятий с целью их упорядочивания относительно эталонного предприятия. Процедура ее реализации состоит из последовательности нижеследующих этапов.

Этапы 1-3. Определение целей оценки конкурентоспособности и проведение исследования показателей и факторов конкурентоспособности предприятия и его конкурентов (формирование списка конкурентов). Множество сравниваемых предприятий представляется матрицей $P = \{p_{ij}\}$ их одиночных показателей конкурентоспособности, где i – номер предприятия(i = 1, 2, …, n) j-го показателя конкурентоспособности (j = 1, 2, …, m) (табл. 1).

Этап 4. Выявление предприятия лидера или формирование условного «эталонного» предприятия. Для каждого из показателей определяется его максимальное значение $p_{n+1\,j} = \max_n \{p_{ij}\}$ (если возрастание показателя повышает конкурентоспособность) или минимальное значение $p_{n+1\,j} = \min_n \{p_{ij}\}$ (если уменьшение показателя повышает конкурентоспособность) и заносится в строку условного «эталонного» предприятия, которому присваивается номер – n + 1.

Рис. 1. Схема оценки уровня конкурентоспособности

Таблица 1

Группа показателей и факторов конкурентоспособности предприятий

Предприятия	Показатели оценки													
	Производственная деятельность			Финансовая деятельность			Экономическое состояние			Конкурентоспособ. товара			Сбыт	
	$П_1$	$П_2$	…	$П_{j+1}$	$П_{j+2}$	…	$П_{j+1}$	$П_{j+2}$	…	$П_{j+1}$	$П_{j+2}$	…	…	$П_m$
Предприятие1	p_{11}	p_{12}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	…	p_{1m}
Предприятие2	p_{21}	p_{12}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	…	p_{1m}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Предприятие *n*	p_{n1}	p_{n2}	…	p_{nj+1}	p_{nj+2}	…	p_{nj+1}	p_{nj+2}	…	p_{nj+1}	p_{nj+2}	…	…	p_{nm}

Этап 5. Проведение нормализации показателей относительно показателей «эталонного» предприятия с целью преобразования их в относительные безразмерные величины. Показатели конкурентоспособности исходной матрицы *P* нормируются по каждому показателю «эталонного» предприятия в соответствии с формулой (табл. 2):

$$pn_{ij} = \frac{p_{ij}}{p_{n+1\,j}},$$

где pn_{ij} – *j*-й нормализованный показатель конкурентоспособности *i*-го предприятия, p_{ij} – *j*-й показатель конкурентоспособности *i*-го предприятия, p_{n+1j} – *j*-й показатель конкурентоспособности «эталонного» предприятия.

Таблица 2

Группа нормализованных показателей и факторов конкурентоспособности предприятий

Предприятия	Показатели оценки													
	Производственная деятельность			Финансовая деятельность			Экономическое состояние			Конкурентоспособ. товара			Сбыт	
	$П_1$	$П_2$	…	$П_{j+1}$	$П_{j+2}$	…	$П_{j+1}$	$П_{j+2}$	…	$П_{j+1}$	$П_{j+2}$	…	…	$П_m$
Предприятие1	pn_{11}	pn_{12}	…	pn_{1j+1}	pn_{1j+2}	…	pn_{1j+1}	pn_{1j+2}	…	p_{1j+1}	p_{1j+2}	…	…	p_{1m}
Предприятие2	pn_{21}	pn_{22}	…	pn_{2j+1}	pn_{1j+2}	…	pn_{2j+1}	pn_{2j+2}	…	p_{2j+1}	p_{21j+2}	…	…	p_{2m}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Предприятие *n*	pn_{n1}	pn_{n2}	…	p_{nj+1}	p_{nj+2}	…	p_{nj+1}	p_{nj+2}	…	p_{nj+1}	p_{nj+2}	…	…	p_{nm}

Этап 6. Оценка групповых коэффициентов надежности конкурентоспособности предприятий.

Для определения коэффициента прогнозируемой надежности предприятия необходимо рассчитать групповые коэффициенты конкурентоспособности предприятия по показателям оценки:

$$ПГ_j = \sum_j^k \beta_{gj}\, pn_{ij},$$

где *g* – номер группы показателей (1 – производственная, 2 – финансовая и т.д.), *k* – количество показателей в группе оценки *g*, β_{gj} – весовой коэффициент надежности *j*-го показателя в *g*-ой группе показателей конкурентоспособности *i*-го предприятия $\sum_{j=1}^{k} \beta_{gj} = 1$, pn_{ij} – нормализованный *j*-й показатель *i*-го предприятия.

Групповой показатель прогнозируемой надежности конкурентоспособности предприятия по каждой группе показателей оценим как среднюю геометрическую величину одиночных показателей: $П_g = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^{k} ПГ_j}$.

Для рассматриваемой модели $П_1$ - показатель прогнозируемой надежности конкурентоспособности группы показателей, которые характеризуют производственную деятельность, $П_2$ - показатель прогнозируемой надежности конкурентоспособности группы показателей, которые характеризуют финансовую деятельность, $П_3$ - показатель прогнозируемой надежности конкурентоспособности группы показателей, которые характеризуют экономическое состояние, $П_4$ - показатель прогнозируемой надежности конкурентоспособности группы показателей, которые характеризуют конкурентоспособность продукции, $П_5$ - показатель прогнозируемой надежности конкурентоспособности группы показателей, которые характеризуют эффективность сбыта.

Каждый из показателей оценивается по балльной шкале (соответствие плановым или нормативным значениям) – максимум 5 баллов. Всего в рассматриваемой модели оценки предложено 5 групп показателей, т.е. максимальное значение критериальной оценки 25 баллов. Значение коэффициента надежности $k_{надежности}$ определяется в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Критериальная оценка показателя прогнозируемой надежности

Баллы	$k_{надежности}$
от 19 до 25	1,1
от 9 до 18	1
ниже 8	0,9

Далее на основе сопоставления показателей надежности предлагается разделить предприятия на три уровня:

$k_{надежности}$ = 0,9 – убывающий уровень конкурентоспособности;

$k_{надежности}$ = 1 – средний уровень конкурентоспособности;

$k_{надежности}$ = 1,1 – возрастающий уровень конкурентоспособности.

Каждый из этих уровней позволит охарактеризовать работу предприятия и наметить дальнейшие тенденции развития.

Этап 7. Расчет интегрального показателя конкурентоспособности основывается на методике ресурсной концепции и будет определяться по формуле:

$K_{инт} = \alpha_1 \cdot П_1 + \alpha_2 \cdot П_2 + \alpha_3 \cdot П_3 + \alpha_4 \cdot П_4 + \alpha_5 \cdot П_5$, где α_1, α_2, α_3, α_4, α_5 – коэффициенты весомости обобщающих критериев, определяющих коэффициент надежности ($k_{надежности}$) по анализируемым предприятиям $\sum_{q=1}^{5} \alpha_q = 1$; $П_1$, $П_2$, $П_3$, $П_4$, $П_5$ – соответственно, показатели надежности конкурентоспособности производственной деятельности, финансового положения, экономического состояния, конкурентоспособности товара в сравнении со значением конкурента и эффективности сбыта.

Этап 8. Прогнозирование основных факторов конкурентоспособности и определение прогнозного уровня конкурентоспособности сравниваемых предприятий.

Этап 9. Ранжирование предприятий по убыванию интегрального показателя (т.е. росту конкурентоспособности): $P_1 \geq P_2 \geq \ldots \geq P_n$, где индексы 1, 2, …,*n* – номера предпочтительности предприятий в порядке убывания их интегрального показателя конкурентоспособности.

Этап 10. Проведение анализа показателей конкурентоспособности предприятия.

В настоящее время особенно интересным является попытка выведения в рамках данной модели взаимосвязи между показателем конкурентоспособности предприятия и сбытом его товаров на рынке. Она основана на вполне логичном предположении, что если одно предприятие конкурентоспособнее своего соперника, то последний будет постепенно вытесняться с рынка, и доля первого будет увеличиваться [3].

Рассмотрим определяющие положения и основные требования к комплексной оценке конкурентоспособности предприятия:

– итог оценки конкурентоспособности предприятия во многом определяется ясностью, с которой результаты этой оценки могут быть выражены и объяснены;

– надежность итоговых выводов об уровне конкурентоспособности предприятия зависит не только от вида функции, связывающей частные показатели, но и от качества исходной информации.

Подводя итоги, следует отметить следующее: конкурентоспособность, на наш взгляд, наиболее обоснованно следует выражать в концентрированном виде через обобщающий показатель, который должен отвечать следующим требованиям:

– иметь теоретическое обоснование;

– быть важнейшей характеристикой предприятия;

– отражать эффективность или качество функционирования совокупности применяемых, потребляемых и производимых ресурсов;

– соответствовать конечным целям развития предприятия, не только его текущего состояния;

– быть относительно устойчивым к изменениям конъюнктуры рынка;

– не зависеть от степени монополизма предприятия;

– быть пригодным для использования в качестве критерия оптимальности в оптимизационной модели выбора наилучшего варианта экономического развития на отраслевом рынке.

Реализация данной модели позволит каждому промышленному предприятию, в зависимости от занимаемого уровня, наметить дальнейшие перспективы развития. Это может быть связано и с изменением экономической стратегии, которой предприятие придерживалось до этого момента. Для этого необходим анализ всех факторов конкурентоспособности на основе исследования внутренней и внешней среды и выбор стратегических альтернатив [2].

Предлагаемая авторами модель оценки конкурентоспособности предприятия и рекомендации по повышению конкурентоспособности могут быть использованы на промышленных предприятиях различных отраслей с учетом их специфических особенностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитина, Е.А. Формирование системы управления конкурентоспособностью предприятия: монография / Е.А. Никитина, А.А. Рудычев. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 131 с.

2. Рудычев, А.А. Стратегические направления повышения конкурентоспособности промышленного предприятия / А.А. Рудычев, Е.А. Никитина // Социально-гуманитарные знания, №8. 2012. С. 272- 279.

3. Белоусов В.В. Управление конкурентоспособностью промышленного предприятия / В.В. Белоусов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. №85. 2008. С. 321-323.

Попельнюхов С. Н., докторант
Научно-исследовательский университет
«Московский государственный строительный университет»

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАРУБЕЖНЫХ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

nsopb@nsopb.ru

Эффективное управление строительным предприятием в современных условиях невозможно без применения специальных методов анализа и управления риском. Число и разнообразие факторов риска, ослабляющих условия стабильной работы девелопера-застройщика особенно, при зарубежном строительстве, возрастают, поэтому функция управления риском приобретает все большую роль и становится одним из важнейших условий обеспечения организационно-экономической устойчивости такого строительного предприятия. Целью формирования моделей управления рисками является минимизация инвестиционного и предпринимательского рисков.

Ключевые слова: *государственно-частные партнерства, риски, эффективность, инвестиционно-строительные проекты.*

Управление риском — это процесс подготовки и реализации мероприятий, цель которых снижение опасности принятия ошибочного решения и уменьшения возможных негативных последствий нежелательного развития событий (НРС) в ходе реализации принятых решений. В условиях функционирования девелопера-застройщика управление риском основывается на концепции приемлемого (допустимого) риска, постулирующей возможность рационального воздействия на уровень риска и доведения его до требуемого значения.

В соответствии с предлагаемыми подходами к динамическому моделированию организационно-экономической устойчивости девелопера-застройщика, целью формирования моделей управления рисками является минимизация инвестиционного и предпринимательского рисков.

Организационно-экономическая устойчивость предприятия-застройщика предполагает такое движение финансовых, производственных и информационных потоков, которое обеспечивает стабильное функционирование всех составных элементов структуры управления девелоперской компании в условиях нестабильности внешней и внутренней среды.

Производственно-экономическая устойчивость (составляют производственные потоки) и финансово-экономическая устойчивость (составляют финансовые и информационные потоки) составляют совокупную организационно-экономическую устойчивость девелоперской компании.

Производственно-экономическая устойчивость определяется надежностью и стабильностью производства СМР и реализации готовой строительной продукции (услуг), а так же его расширением и обновлением. Финансово-экономическая устойчивость отражает такое состояние инвестиционных ресурсов, при котором девелоперская компания, свободно маневрируя денежными средствами, способна реализовывать установленные цели. Надежность информации и маркетинговые исследования выступают необходимым условием организационно-экономической устойчивости предприятия-застройщика, обеспечивая адекватную информационно-аналитическую базу принятия экономических решений.

Обеспечение организационно-экономической устойчивости строительной системы неразрывно связано с управлением риском. Решение проблемы управления риском должно отражаться в виде конечного результата взаимодействия нормативного упорядочения определенной базы экономических показателей, представленной в виде динамической модели. Динамическая модель задается некоторым множеством целей, в том числе и предотвращения риска. Средством выражения целей в этой модели служит нормативное упорядочение двух и более показателей. Формирование множества целей по управлению риском и отбор показателей для нормативной модели должны производиться одновременно.

Проведенная системная классификация экономических показателей и выбор наиболее общих и важных, с точки зрения их влияния на снижение уровня риска, позволило сформировать набор основных показателей. Эти показатели упорядочиваются в матричную модель соотношений экономических показателей предприятия. Она моделирует общие границы устойчивости хозяйственной деятельности девелопера-застройщика по выделенным направлениям, каждое из которых связано с определенными группами риска.

Разработанная модель управления инвестиционными рисками представляет доступный с

точки зрения обеспеченности информацией и однотипности расчета и универсальный инструмент оценки финансово-экономической устойчивости девелопера-застройщика, позволяющий:

- во-первых, проводить ретроспективный, прогнозный и оперативный анализ деятельности предприятия-застройщика с учетом влияния внешних и внутренних факторов риска;
- во-вторых, охватить весь спектр типов риска и возможных состояний отдельных элементов, влияющих на совокупный уровень риска;
- в-третьих, определить влияние на организационно-экономическую устойчивость, и соответственно уровень риска строительного предприятия;
- в-четвертых, планировать уровень риска в процессе инвестиционной деятельности;
- в-пятых, разрабатывать меры по восстановлению организационно- экономической устойчивости и уровня риска компании в допустимых пределах.

Эффективное управление в современных условиях невозможно без применения специальных методов анализа и управления риском. Число и разнообразие факторов риска, ослабляющих условия стабильной работы девелопера-застройщика особенно, при зарубежном строительстве, возрастают, поэтому функция управления риском приобретает все большую роль и становится одним из важнейших условий обеспечения организационно-экономической устойчивости такого строительного предприятия. Для реализации функции управления риском девелопера-застройщика необходимы значительные организационные усилия, затраты времени и различные ресурсы. Наиболее целесообразно осуществлять эту функцию с помощью специальных мероприятий в ОЭС управления рисками с привлечением специализированного подразделения в организационной структуре (например, служба планирования и контроллинга).

В условиях функционирования девелопера-застройщика управление риском основывается на концепции приемлемого (допустимого) риска, постулирующей возможность рационального воздействия на уровень риска и доведения его до требуемого значения.

Подсистема управления риском состоит из объекта и субъекта управления. В качестве управляемого объекта здесь выступает девелоперское предприятие, его экономические отношения с другими хозяйствующими агентами, рабочие и служащие предприятия, действующие на предприятии организационно-производственные процессы и информационные потоки. Управляемой переменной является расчетная величина — уровень риска. Управляющая часть, или субъект управления, в этой подсистеме - специальная группа людей (подразделение или сотрудник предприятия, пользующийся услугами профессиональных консультантов), которая на основе полученной информации, используя различные методы теории риска, разрабатывает мероприятия — управляющие воздействия — для снижения уровня риска или удержания его в допустимых пределах.

Роль функции «управление риском» состоит в разработке и проверке «рискованности» планируемого хозяйственного решения, называемого на этой стадии «пробным стратегическим решением» *(SK)*. Предлагаемое подсистемой стратегического планирования «пробное стратегическое решение» направляется на аналитическую обработку в блок «Анализ факторов и оценка уровня риска». При анализе риска «пробного стратегического решения» используется обширная вспомогательная информация: каталоги факторов и профилей риска, прошлые и текущие результаты мониторинга девелопера-застройщика и среды функционирования, архивные протоколы риска, прогнозная информация и т.д. (рис. 1).

Модель управления совокупным риском состоит из трех уровней: управление риском заказчика при выборе исполнителя государственного контракта с использованием инструментария ГЧП (верхний макро-, мезоуровень); управление риска стратегии девелопера-застройщика (средний уровень – организационно-экономическая деятельность хозяйствующего субъекта); управление риском при реализации крупного сложного ИСП (нижний уровень – инвестиционный и предпринимательский риск).

Концептуальную экономико-математическую модель управления рисками процесса реализации уникального комплекса (объектов) недвижимости девелопером-застройщиком можно представить условной вероятностно-функциональной зависимостью:

$$Э^{H}_{ОЭС}(t) = \bigcup_{w,i,j=1} \{R_2\}_w, \{\tau_{bw}\}, \{K_i\}, \{T_{реал}(i+1)\}, \{X_i\}, \{R^{н}_{mn}, K^{н}_{осс}\}, V_j, P_j, E_j, Q(\tau) \quad (1)$$

где $Э^{y}_{оэс}(t)$ - экономическая надежность организационно-экономической системы; w, i, j - количество уровней иерархии от 1 до N (макро-, мезо и микроуровни); Rz – коэффициент риска проблемной ситуации на макроуровнях корпоративное управление в системе ГЧП (с участием государственного заказчика); τbw – время для принятия решения; Ki – интегральный показатель уровня совокупного риска при стратегическом решении девелопера-застройщика (мезоуровень по реализации крупного сложного ИСП); τреал(i+1)

- время, прошедшее с момента начала реализации стратегии t0; Xi – полный цикл воспроизводства организационно-экономической системы; (Rнтп, Кносс)i- потребные для принятия решения совокупные ресурсы; Vj – множество альтернативных вариантов доопределяющих проблемную ситуацию; Pj - обобщенный показатель риска ИСП (множество параметров финансового состояния (достаточность организационно-производственного потенциала и др.); Ej – функция предпочтения по выбору варианта решения; Q(τ) – множество параметров времени на отрезке (0,1).

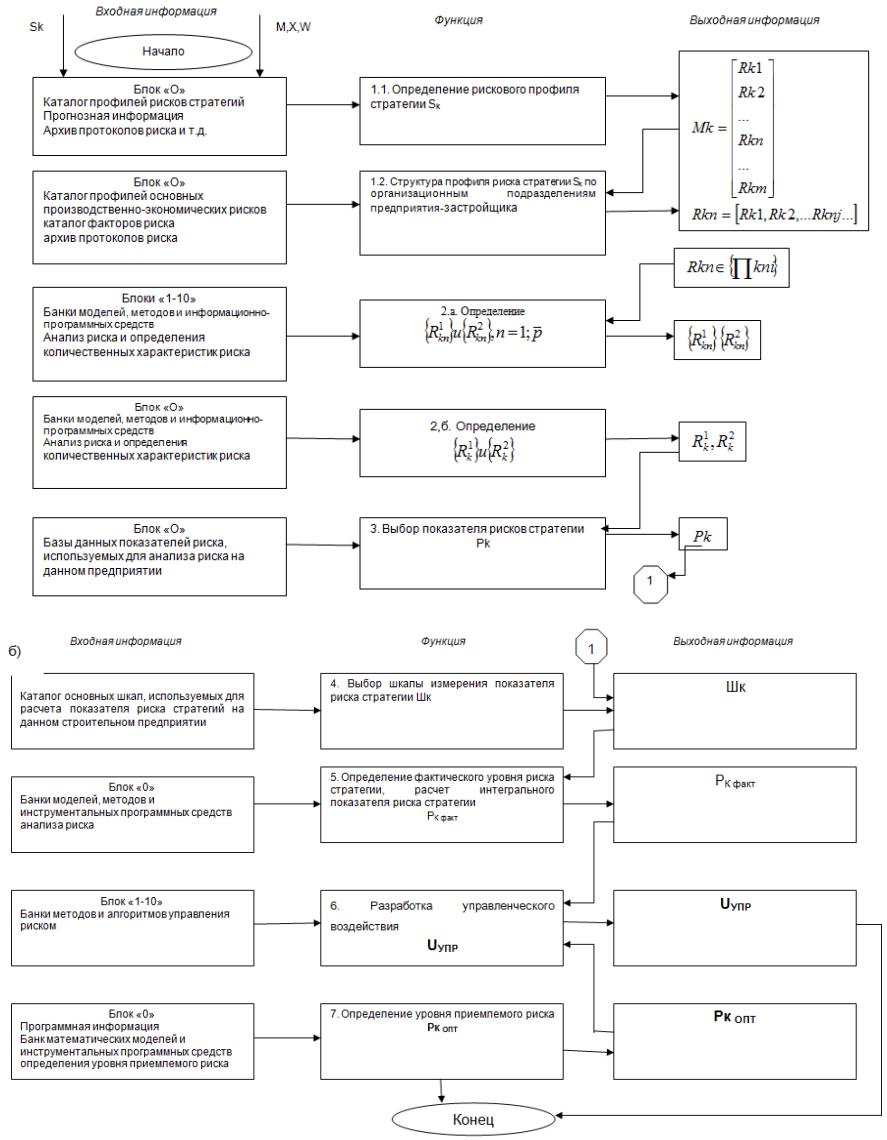


Рис. 1. Информационно-функциональная схема алгоритма управления риском при принятии стратегических решений девелопером-застройщиком

Задача решения состоит в раскрытии зависимости обобщенного критерия в явную аналитическую зависимость и в построении алгоритма последовательного учета различных факторов риска.

Многообразие применяемых в хозяйственной практике методов управления риском для предприятий-застройщиков, работающих на зарубежных рынках, можно разделить на четыре типа:

- отказ от ненадежных партнеров;
- отказ от рискованных проектов;
- страхование хозяйственных рисков;
- поиск гарантов.

Методы уклонения от риска являются наиболее распространенными в хозяйственной практике. Хозяйствующие субъекты, придерживающиеся тактики «уклонения от риска», отказываются от услуг ненадежных партнеров, стремятся работать только с убедительно подтвердившими свою надежность контрагентами — потребителями и поставщиками, стараются не расширять круг партнеров и т.д.

Другая возможность уклонения состоит в попытке перенести риск на какое-нибудь третье лицо. С этой целью предприятия-застройщики прибегают к страхованию своих действий или поиску «гарантов». В качестве «гаранта» могут выступать различные субъекты: крупные компании (банки, страховые общества, фонды и т.д.), органы государственного управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Организация, планирование и управление строительным производством: Учебник. /Под общ. ред. проф. Грабового П.Г. и проф. Солунского А.И. – М.: Изд-во «Молодая гвардия », 2012. – С.

2. Управление городским хозяйством и модернизация жилищно-коммунальной инфраструктуры: учебник /под общ. ред. проф. П.Г.Грабового – Москва: Проспект, 2012. 10.

3. Управление рисками в недвижимости: Учебник для вузов. / Под общ. ред. П.Г.Грабового – М.: Изд-во «Проспект», 2012.- С.

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Соколенко И. В., аспирант,
Ястребинский Р. Н., канд. ф.-м. наук, доц.,
Крайний А. А., аспирант
Матюхин П. В., канд. техн. наук, доц.,
Тарасов Д. Г., инж.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ВЫСОКОНАПОЛНЕННОМ ПОЛИМЕРНОМ КОМПОЗИТЕ*

yrndo@mail.ru

С помощью физико-математического моделирования с использованием пакетов программ, основанных на имитационном методе Монте-Карло, рассчитаны коэффициенты поглощения и отражения электронного пучка (E_e=1-5 МэВ), параметры распределения электронов в слоях, а также изменение средней энергии тормозного излучения от электронов с E=1-5 МэВ.

Ключевые слова: *полимерный композит, поглощенная доза, электроны, коэффициенты отражения, коэффициенты поглощения.*

При функционировании космических аппаратов (КА) в радиационных поясах Земли, в частности на геостационарной орбите, материалы, расположенные на внешней поверхности, подвергаются воздействию потоков электронов и протонов с широким энергетическим спектром. Воздействие ионизирующего космического излучения на материалы КА оказывает негативное влияние на их функциональные свойства, особенно это касается полимерных материалов [1–3], тем самым уменьшая срок активного существования КА.

В данной работе представлено моделирование процессов воздействия электронного (1-5 МэВ) облучения на полимерный композит в условия космического пространства. Для моделирования прохождения электронного излучения через композиты были составлены пакеты программ на базе известной библиотеки «GEANT4» [4]. При реализации программ был использован имитационный метод Монте-Карло, который является наиболее подходящим методом для изучения процесса переноса излучения через вещество.

В «GEANT4» для каждой моделируемой частицы должны подключаться физические процессы, которые должны с ней происходить. Исходя из того, что основные потери электронов в веществе обусловлены возбуждением и ионизацией атомов среды в результате электромагнитного взаимодействия с электронами атомов (ионизационные потери) и генерацией тормозного электромагнитного излучения (радиационные потери), а также упругим рассеянием на ядрах атомов за счет кулоновского взаимодействия, подключаемыми физическими процессами были:

- тормозное излучение;
- множественное рассеяние;
- ионизация среды.

Элементарный состав композита, необходимый для моделирования, приведен в табл. 1 [5].

Таблица 1

Элементарный состав полимерного композита (ПК)

Содержание наполнителя, мас.%	Атомный состав, %мас.			
	C	F	Bi	O
60	9,608	30,392	53,820	6,180

При выборе наиболее приемлемых параметров облучения необходимо определить распределение поля поглощенных доз в плоскости поперечного сечения защитного экрана.

На рис. 1 представлены графические результаты распределения дозы D(R) по глубине ПК выбранного состава для электронного пучка с E =1-5 МэВ, смоделированные с использованием пакета Geant4, число разыгрываемых частиц - 10^3.

Наблюдается экстремальный характер распределения поглощенной дозы по толщине образца. Для пучка электронов с энергией 2-5 МэВ полоса максимума уширяется и охватывает более глубокие слои ПК. Данное явление характерно только при взаимодействии электронов с полимерным композитом, при взаимодействии протонного излучения с веществом экстремум

наблюдается в конце прохождения протонов через композит (пигБрегга) [6].

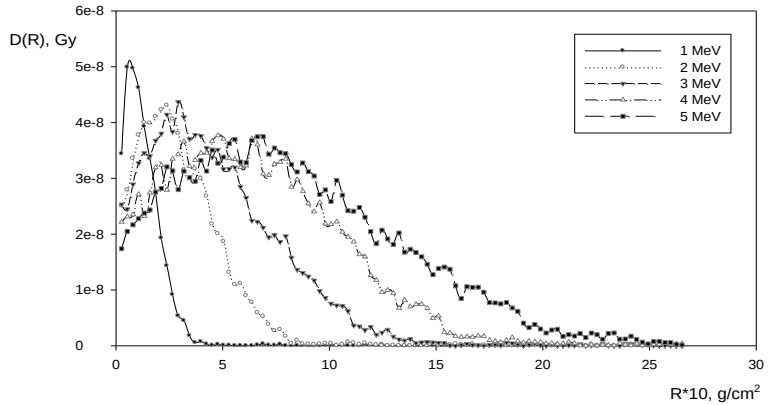


Рис. 1. Расчетное распределение поглощенной дозы D(R) по глубине

Появление выраженного максимума связано с развитием процесса ионизации в массе композита, вызываемого падающими электронами и повышением плотности ионизации среды за счет обратного рассеяния вторичных электронов на больших глубинах. Спад на кривой распределения объясняется поглощением и рассеянием электронов.

Результаты расчетов (табл. 2) показали, что в достаточно широком энергетическом спектре 71-88% частиц приходится на поглощение в материале, причем с возрастанием энергии электронов эффект отражения уменьшается. Для электронов с E>3 МэВ глубина концентрации максимальной дозы заметно увеличивается. При энергии 1 МэВ коэффициент отражения по энергии выше, чем по частицам, а для больших энергий это соотношение меняется в обратную сторону. Вероятно, это связано с преобладанием неупругого взаимодействия электрона с атомами вещества, а также частичной потерей энергии в поверхностных слоях и вылетом за пределы образца за счет обратного рассеяния.

Таблица 2

Расчетные параметры распределения электронов в слоях ПК

Энергия электронов, МэВ	Эффективный пробег электронов, мм	Глубина концентрации максимальной дозы, мм	Коэффициенты			
			Отражения		Поглощения	
			по энергии	по частицам	по энергии	по частицам
1	1,20	0,24	0,312	0,287	0,688	0,713
2	2,76	0,54	0,171	0,225	0,829	0,775
3	3,54	0,66	0,119	0,193	0,881	0,807
4	4,92	1,08	0,066	0,129	0,934	0,871
5	5,86	1,56	0,056	0,119	0,944	0,881

Некоторое представление о распределении пучка электронов с энергией E= 1-5 МэВ и числом частиц - 500 в глубине материала ПК приведено на рис. 2 (черный цвет – электроны, серый цвет – тормозное излучение).

Как видно из рис. 2, при своем движении через вещество электроны сильно рассеиваются, их траектория становится настолько сложной, что напоминает процесс диффузии частиц в веществе. Глубина, на которую электроны проникают в материал, оказывается намного меньше, чем полный путь до торможения, определяемый ионизационными и отчасти радиационными потерями. С увеличением энергии электронного пучка заметным становится и интенсивное тормозное излучение (увеличивается вклад радиационных потерь энергии), что может быть описано следующим соотношением [7]:

$$\frac{(\frac{dE}{dX})_{рад.}}{(\frac{dE}{dX})_{ион.}} \approx \frac{ZE}{800}, \qquad (1)$$

где E – энергия электронов, МэВ; Z – атомный номер вещества.

На орбитах КА, где имеются высокие потоки энергичных электронов, поглощенная доза радиации внутри КА в основном определяется не электронами, а их излучением [9]. В связи с этим необходимо изучить изменение средней энергии и спектрального распределения тормозного рентгеновского излучения (рис. 3 и рис. 4), генерируемого в исследуемом ПК пучком электронов с энергиями 1-5 МэВ, число частиц 10^5. Для повышения сравнимости результатов толщина моделируемого образца выбиралась, исходя из эффективного пробега электронов, и составляла 1,05R (R – эффективный пробег электронов).

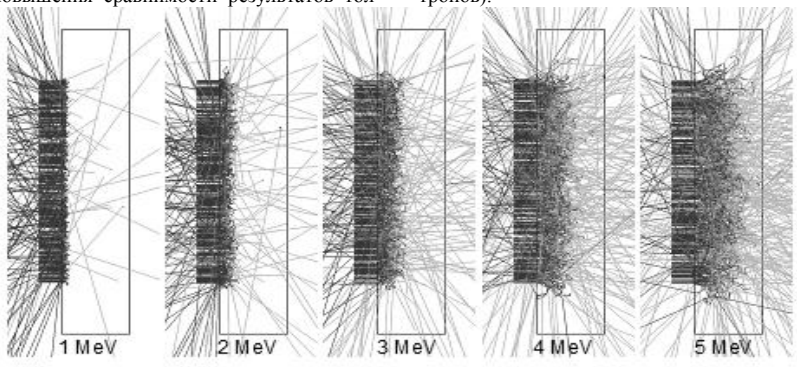


Рис. 2. Расчетное распределение электронов в композите

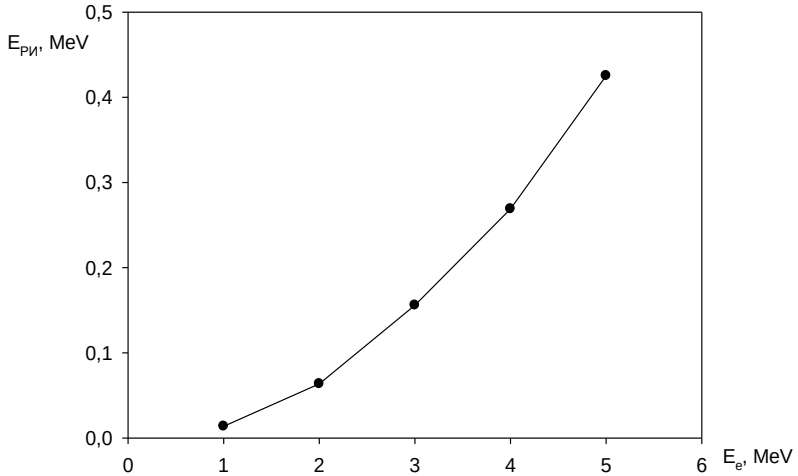


Рис. 3. Изменение средней энергии тормозного излучения $E_{РИ}$ от электронов с E=1-5 МэВ

Зависимость средней энергии тормозного рентгеновского излучения от энергии падающих электронов носит параболический характер. Известно, что полная излучаемая на единице пути энергия пропорциональна энергии падающего электрона, поэтому имеющиеся на представленной зависимости отклонения от линейности (рис. 3) можно отнести к изменению углового распределения тормозного излучения, т.е. излучению фотонов по направлению движения падающих электронов с увеличением их энергии. В данной модели детектор регистрировал только фотоны, вышедшие за образец с необлучаемой стороны.

Как показало моделирование, с ростом энергии падающих электронов растет интенсивность тормозного излучения (рис. 4), причем энергия максимальной интенсивности изменяется незначительно, и это изменение в приближении имеет линейную зависимость. Характер кривых при различных энергиях электронов сохраняется.

Необходимо отметить, что при моделировании не учитывалось объемное заряжение ПК, за счет которого будет экранироваться часть налетающих электронов, и уменьшаться выход тормозного рентгеновского излучения [9].

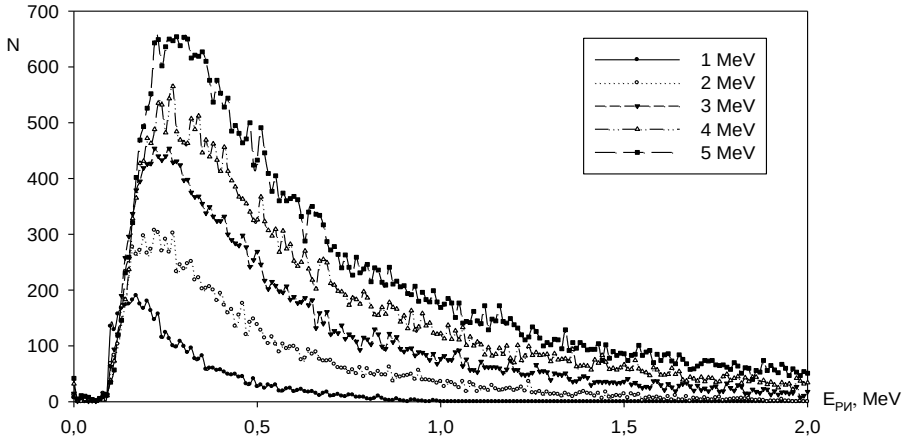


Рис. 4. Спектральное распределение тормозного излучения от электронов

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.132.21.1577, № 14.B37.21.0415.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павленко В.И., Новиков Л.С., Бондаренко Г.Г., Черник В.Н., Гайдар А.И., Черкашина Н.И., Едаменко О.Д. Экспериментальное и физико-математическое моделирование воздействия набегающего потока атомарного кислорода на высоконаполненные полимерные композиты // Перспективные материалы. 2012. №4. С. 92–98.

2. Павленко В.И., Заболотный В.Т., Черкашина Н.И., Едаменко О.Д. Влияние вакуумного ультрафиолета на поверхностные свойства высоконаполненных композитов // Физика и химия обработки материалов. 2013. №2. С. 19–24.

3. Павленко В.И., Бондаренко Г.Г., Черкашина Н.И., Едаменко О.Д. Влияние вакуумного ультрафиолета на микро- и наноструктуру поверхности модифицированных полистирольных композитов // Перспективные материалы, 2013. № 3. С. 14–19.

4. Черкашина Н.И. Моделирование воздействия космического излучения на полимерные композиты с применением программного комплекса GEANT4 // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3; URL: http://www.science-education.ru/103-6223.

5. Павленко В.И., Едаменко О.Д., Ястребинский Р.Н., Черкашина Н.И. Радиационно-защитный композиционный материал на основе полистирольной матрицы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 113–116.

6. Павленко В.И., Акишин А.И., Едаменко О.Д., Ястребинский Р.Н., Тарасов Д.Г., Черкашина Н.И. Явления электризации диэлектрического полимерного композита под действием потока высокоэнергетических протонов // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. т. 12, № 4(3). С. 677 – 681.

7. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом / А.П. Черняев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 152 с.

8. Безродных И.П., Морозова Е.И., Петрукович А.А. Тормозное излучение электронов в веществе космического аппарата. Методика расчета // Вопросы электромеханики. 2011. Т.120. С. 37–44.

9. Цетлин В.В., Павлушкина Т.К., Редько В.И. Снижение мощности дозы электронного излучения за слоями заряжающихся диэлектриков // Атомная Энергия. 1993. Т. 74, вып. 2. С. 163–165.

Евтушенко Е. И., д-р техн. наук, проф.,
Перетокина Н. А., канд. техн. наук, доц.,
Дороганов В. А., канд. техн. наук, доц.,
Сулейманова Л. А., канд. техн. наук, проф.,
Сыса О. К., канд. техн. наук, доц.,
Бедина В. И., м. н. с.,
Миженина О. В., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА*

naukaei@mail.ru

Показана возможность получения теплоизоляционных материалов на основе ИКВ карбидокремниевого, кремнеземистого и алюмосиликатного составов с улучшенными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: *искусственные керамические вяжущие, теплоизоляционный материал, композиционное связующее, щлакощелочное вяжущее, пенометод, плотность, прочность, коэффициент конструктивного качества.*

В настоящее время теплоизоляционные материалы широко применяются в самых разных отраслях промышленности и потребность в них постоянно растёт. Применение теплоизоляционных материалов снижает материалоёмкость, экономит топливо и способствует интенсификации тепловых процессов. В связи с этим особо актуальным является вопрос развития производства теплоизоляционной продукции различного назначения, так как современная технология не отвечает нуждам потребителей, как по качеству изделий, так и по их себестоимости.

Существует целый ряд теплоизоляционных материалов, технология и свойства которых характеризуются существенными недостатками: высокой влажностью формовочной смеси, значительными усадочными деформациями, длительным временем твердения (набора пластической прочности), продолжительными сушкой и обжигом, а также снижением физико-механических характеристик в процессе термообработки или службы. Одним из узких мест существующих технологических линий по производству легковесных теплоизоляционных изделий является процесс сушки и, соответственно, большая усадка. Это связано с достаточно высокой влажностью формовочных масс.

Использование технологий создания высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) является в настоящее время одним из перспективных направлением развития производства керамики, которое может быть использовано для получения широкого спектра материалов. При получении ВКВС ставят задачи получения последних с такими свойствами, которые бы позволили получить на их основе полуфабрикат с резко улучшенными (по сравнению с известными данными) характеристиками: минимальными пористостью, усадками при сушке и спекании, с высокой механической прочностью и достаточной равноплотностью [1].

Имеется некоторый опыт по использованию ВКВС для создания легковесных теплоизоляционных материалов [2-5], основным достоинством которых является низкая микропористость образующихся межпоровых перегородок и их высокая прочность, возрастающая в процессе термообработки, экологическая чистота на всех этапах производства, а также возможность использования дешевого природного и техногенного сырья. Однако в настоящее время остается ряд вопросов связанных с расширением сырьевой базы получения подобных материалов. Необходимость изготовления большого числа видов жаростойких теплоизоляционных материалов и изделий диктуется, с одной стороны, экономическими соображениями, а с другой – многообразием условий их службы и, следовательно, различием требований, предъявляемых к ним современной техникой.

В данной работе было предложено для производства теплоизоляционных материалов использовать композиционное связующее, состоящее из искусственного керамического вяжущего (ИКВ) различного состава и шлакощелочного вяжущего. В основе вяжущих характеристик этих материалов лежит способность коллоидного компонента или наночастиц к формированию прочных связей в композите при сушке и обжиге, в ИКВ наночастицы формируются в процессе помола, а в шлакощелочном вяжущем коллоидный компонент формируется по золь-гель технологии. Комбинация связок позволяет

за счет быстрого твердения шлакощелочного вяжущего получить стабилизацию структуры композита сразу после формовки, а использованием ИКВ – обеспечить существенный рост прочности при повышенных температурах [6].

В качестве исходных материалов для ИКВ применялись: карбид кремния черный, производства ОАО «Волжский абразивный завод», кварцевый песок Зиборовского месторождения (Белгородская обл.), высокоглиноземистый шамот и бой динасовых огнеупоров (ОАО «Семилукский огнеупорный завод») (табл. 1). ИКВ получали по технологии ВКВС путем мокрого помола в шаровой мельнице методом постадийной загрузки измельчаемого материала и последующей стабилизацией посредством гравитационного механического перемешивания

Таблица 1

Химический состав используемых материалов

Наименование материала	Содержание оксидов, масс. %											
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SiC	Si	C	Fe	Al
Карбид кремния черный	0,82	–	–	0,17	0,09	–	–	97,42	0,71	0,49	0,11	0,15
Кварцевый песок Зиборовского месторождения	96,80	0,51	0,93	0,38	–	0,41	0,40	–	–	–	–	–
Высокоглиноземистый шамот	23,47	74,50	0,85	0,75	–	0,21	0,22	–	–	–	–	–
Бой динасовых огнеупоров	94-96	1,5	1,5-1,7	2,0-2,6	–	0,37	–	–	–	–	–	–

Отличительной особенностью ИКВ из стабильного сырья (карбид кремния, кварцевый песок, шамот) от метастабильного (динас) является в данном случае влажность получаемой ИКВ. Стабильные материалы позволяют получить ИКВ с влажностью 13,9 – 14,5 %, а метастабильные увеличивают ее до 22 %.

Для получения шлакощелочного вяжущего использовалось стекло жидкое ГОСТ 13078-81 с модулем основности 2,7 и в качестве отвердителя - электрометаллургический шлак ОАО ОЭМК воздушно-сухого охлаждения. Для того, чтобы обеспечить высокую степень оборачиваемости форм, снижение усадки и высокое качество выпускаемой теплоизоляции, необходимо использовать в составе шлакощелочных вяжущих шлаки с требуемой активностью. В данной работе для увеличения активности шлака использовалась механоактивация в шаровой планетарной мельнице марки «САНД-1» с диаметром шаров до 10 мм при частоте вращения около 200 мин$^{-1}$. Обработка шлака осуществлялась в условиях сухого помола в течение 10 – 120 мин. Оптимальным является время активации 30 мин. и содержание шлакощелочного вяжущего в материале до 10 %.

Среди большого разнообразия способов получения пористой структуры, можно выделить пенометод, как наиболее пригодный для производства эффективной теплоизоляции, поскольку он позволяет получить материалы с высокой степенью чистоты и оптимальной поровой структурой, обеспечивающей высокие физико-механические свойства теплоизоляционных материалов.

Изготовление материала осуществлялось смешением предварительно приготовленных на основе ПАВ пены и минеральной составляющей: ИКВ и шлакощелочного вяжущего. Для получения пены использовали пенообразователи «ПБ-2000» и ТЭАС. Влажность формовочной смеси изменялась от 23 до 33 %. Процесс структурообразования, характеризующийся набором пластической прочности, достаточной для разборки форм, составляет 6 – 8 часов. Процесс сушки, осуществлявшийся при температуре 80 – 120 ^oC, не сопровождался заметной усадкой материала. Термообработку высушенных образцов осуществляли в интервале температур 200 – 1350 ^oC.

В процессе термообработки вплоть до 1300 ^oC прочность изделий на ИКВ динасового состава возрастает и составляет 2,7-3,7 МПа с низкой плотностью 0,4-0,5 г/см^3 и открытой пористостью до 80 %. Особенность полученного пенолегковеса является низкая усадка до 0,6 % при температуре обжига 1350 ^oC. Можно предположить, что температура службы данных изделий будет даже несколько выше.

Ячеистые материалы на шамотной ИКВ отличаются широким интервалом плотности (0,3 – 0,9 г/см^3), температура возможного применения до 1200 ^oC.

Теплоизоляционные материалы на основе карбида кремния характеризовались плотностью 0,5 – 0,8 г/см^3 и не высокой прочностью 0,9- 2,5 МПа. Температура эксплуатации до 1200 ^oC (табл. 2).

Максимальной температурой применения теплоизоляционных материалов в соответствии с ISO 2245-90 является температура, при которой линейная усадка не превышает 2 %. Было показано, что усадка полученных ячеистых материалов не превышает 1,2 % и зависит от доли шлакощелочного вяжущего в составе, а так же от водотвердого отношения смеси. Все эти факторы необходимо учитывать при выборе оптимальных параметров исходной смеси и условий службы пеноматериала.

Таблица 2

Физико-механические характеристики теплоизоляционного материала

ИКВ	Плотность, г/см^3	Прочность при сжатии, МПа		Общая усадка, %	Теплопроводность, Вт/м^{o}C (350 ^{o}C)
		Сушка	Обжиг		
Кварцевая	0,55-0,62	0,4-0,75	5,5-7,6	0,5-1,2	0,35-0,37
Карбидокремниевая	0,5-0,8	0,1-0,2	0,9-2,5	0,8-1,1	0,37
Высокоглиноземистая	0,35-0,45 0,85	0,1 1,0	3,8 6,7	1,2	0,14 0,52
Динасовая	0,4-0,5	0,3	2,7-3,3	0,6	–

При сравнительной оценке прочности теплоизоляционных материалов следует учитывать значение их плотности. Поэтому более полной характеристикой может служить коэффициент конструктивного качества. Несмотря на использование различных сырьевых материалов, предлагаемая технология обеспечивает высокую стабильность получаемых результатов, как при получении теплоизоляционных материалов с плотностью 0,3-0,5 г/см^3, так и при получении теплоизоляционно-конструкционных материалов с плотностью 0,5-0,9 г/см^3. При этом наиболее вероятный коэффициент конструктивного качества теплоизоляции находится в интервале 10-15 при необходимости возможно получение теплоизоляции с коэффициентом конструктивного качества до 20. По существующей классификации, полученные ячеистые материалы можно отнести к эффективным и высокоэффективным.

Материалы, получаемые на основе предлагаемой технологии, отличаются высокой однородностью структуры межпоровых перегородок, что и определяет их высокое качество.

Таким образом, показана возможность получения теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов на основе искусственных керамических вяжущих различного состава с комплексным механизмом упрочнением, основанном на сочетании самоотвердения шлакощелочного вяжущего и росте прочности после сушки и обжига керамических вяжущих. Установлено, что в зависимости от используемых материалов коэффициент конструктивного качества может изменяться от 7 до 20, а усадка материала при максимальной температуре службы до 1350 ^oC составляет не более 1,2 %. По показателям прочности, плотности и максимальной температуре применения разработанный теплоизоляционный материал не уступает известным, в том числе, зарубежным материалам.

**Исследования проводились в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пивинский Ю.Е. Керамические и огнеупорные материалы. Избранные труды. Том 2. Санкт-Петербург, Стройиздат СПб, 2003. 688с.

2. Пивинский Ю.Е. Технология получения муллитовой пенокерамики / Ю.Е. Пивинский, В.А. Бевз, Р.Г. Макаренкова // Огнеупоры, № 1, 1980. С. 49-52.

3. Пивинский Ю.Е., Епифанова Т.Н., Перетокина Н.А. Материалы на основе высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС). Получение и свойства тонкозернистых пенобетонов на основе ВКВС кварцевого песка // Огнеупоры и техническая керамика. № 10. 1998. –С. 6-11.

4. Pivinskii Yu.E., Epifanova T.N., Peretokina N.A. Materials based on highly concentrated ceramic binding suspensions (HCBS). Fabrication and properties of fine-grain foam concretes based on hcbs of quartz sand // Refractories and Industrial Ceramics – Springer New York, Volume 39, Numbers 9-10 / Сентябрь 1998 г. С 356-360.

5. Doroganov V.A., Peretokina N.A. Lightweight foam products based on diatomite // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Volume 52, Number 3. p. 191-194.

6. Евтушенко Е.И., Гончаров Ю.И., Перетокина Н.А. Жаростойкие бетоны на основе шлакощелочного вяжущего и ВКВС кварцевого песка // Сб. докл. II Междунар. научно-методич. конф. Белгород: изд-во БелГТАСМ, 2002. ч. 3 С. 167-171.

Ломаченко Д. В., канд. техн. наук, ст. преп.,
Яшуркаева Л. И.,канд. техн. наук, доц.,
Кудеярова Н. П., канд. техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ СЫРЬЕВЫХ ШЛАМОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЕБЕДИНСКОГО ГОКа КМА

dsubwayl@yandex.ru

В работе рассматривается влияние добавок-разжижителей на свойства композиционного шлама, изготовленного с использованием отходами Лебединского ГОКа КМА. Изучены свойства композиционных сырьевых смесей с различной влажностью. Исследовано влияние добавок на растекаемость сырьевых шламов с различной влажностью. Установлена зависимость между реологическими свойствами суспензий и оптимальной дозировкой разжижителей.

***Ключевые слова**: сырьевой шлам, добавка-разжижитель, реологические свойства.*

Процесс получения портландцемента является в значительной степени энергозатратным по сравнению с процессами получения некоторых других строительных материалов. Основная составляющая энергозатрат приходится на этап обжига цементного клинкера. В настоящее время перед большинством мировых производителей цемента стоит задача по снижению издержек и повышению энергоэффективности использования ресурсов[1]. Одним из наиболее очевидных вариантов является переход на «сухой» способ производства. Однако большинство заводов в Российской Федерации работают по «мокрому» способу производства, применение которого является менее эффективным в расчете на единицу продукции [2-3]. При этом на предприятиях с «мокрой» технологией производства более простой задачей могло бы быть эффективное использование разжижителей шлама, что позволило бы снизить его влажность, и тем самым уменьшить затраты при его обжиге.

Еще одним важным направлением является вторичное использование и рециклинг сырья, поскольку это целесообразно как с точки зрения себестоимости полученной продукции, так и в аспекте улучшения экологической ситуации [4-6].

В работе производилась оценка влияния добавок-разжижителей для шлама, который был изготовлен с использованием отходов обогащения железистых кварцитов Лебединского горно-обогатительного комбината Курской магнитной аномалии. При этом основным сырьем для получаемого шлама, являлись мел и глина белгородского месторождения. Состав сырьевой смеси представлен в таблице 1.

Таблица 1

Вещественный состав сырьевого цементного шлама, содержащего отходы обогащения железистых кварцитов Лебединского ГОКа КМА в качестве железосодержащего компонента

Состав сырьевого цементного шлама, %					
Мел		Глина		Отходы ЛГОКа	
73,37		12,01		8,62	
Химический состав сырьевой смеси, масс. %					
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	п.п.п
14,83	2,88	2,62	43,86	0,82	34,94
КН=0,92		n=2,69		p=1,1	

Помимо этого в работе оценивалось влияние добавок, которые могут использоваться в качестве разжижителя шлама: адипинат натрия, лигносульфонат технический (ЛСТ) и углещелочной реагент (УЩР). При этом если две последние добавки используются как разжижители шлама, то адипинат натрия применяется в качестве пластификатора бетонных смесей. Указанные добавки вводились в количестве 0,1%, 0,2%, и 0,3% соответственно. При этом используемые влажности сырьевого шлама составляли 34%, 37% и 40% соответственно.

Помол указанной сырьевой смеси проводился в шаровых мельницах в условиях БГТУ им. Шухова. Эффективность влияния добавок на разжижение полученной сырьевой смеси оценивалась с помощью ротационного вискозиметра «Реотест». Исследование реологических характеристик полученных шламов с влажностью 37% и с использованием различных добавок позволило сделать вывод о том, что данные сырьевые смеси являются типичными вязкопластичными суспензиями с достаточно высокими значениями предельного динамического напряжения сдвига и взаимозависимостью скорости деформации и пластической вязкости. На основе данных, полученных на вискозиметре, была построена реологическая кривая, исходя из которой, затем были рассчитаны значения предельного динамического напряжения сдвига и пластической вязкости, используя уравнение Бингама-Шведова и уравнение Оствальда (рис. 1-2).

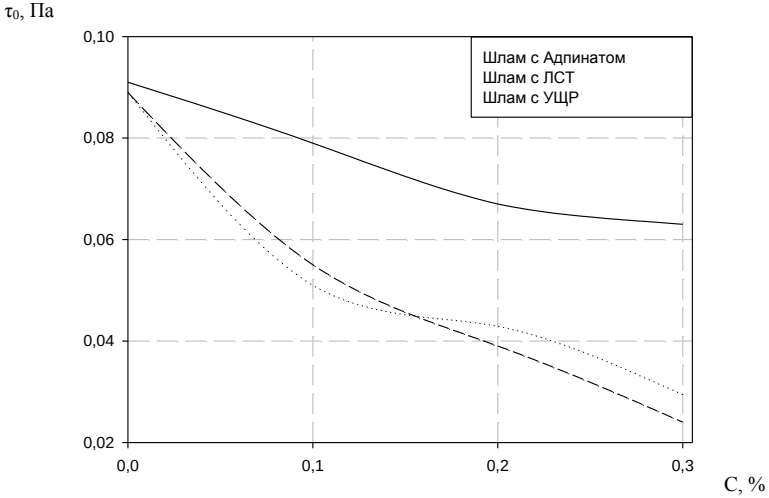


Рис. 1. Изменение предельного динамического напряжения сдвига для исследуемого шлама с различными добавками

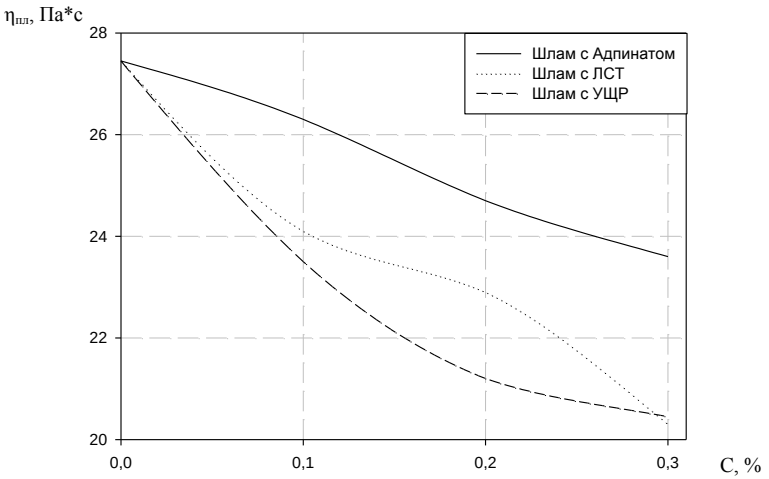


Рис. 2. Изменение пластической вязкости для исследуемогошлама с различными добавками

Из данных рисунков видно, что предельное динамическое напряжение сдвига при введении добавок разжижителей значительно снижается при введении добавок ЛСТ и УЩР, и в меньшей степени для адипината натрия. При этом уже при введении добавок ЛСТ и УЩР в количестве 0,1% значение предельного динамического напряжения сдвига, отвечающего за взаимодействие между частицами в суспензии, снижается,

а при дальнейшем увеличении количества обеих добавок интенсивность падения τ_0 снижается.

Пластическая вязкость также значительно уменьшается при введении добавок ЛСТ и УЩР, и практически не меняется при использовании добавки на основе адипината натрия. При этом вязкость шлама с добавкой ЛСТ значительно уменьшается при ее использовании в количествах 0,1% и 0,2%, а при дальнейшем увеличении количества добавки до 0,3%, значение пластической вязкости меняются незначительно. Использование в качестве разжижающей добавки УЩР последовательно снижает пластическую вязкость при увеличении концентрации добавки от 0,1% до 0,3%. Указанные значения вязкости позволяют сделать предположение о том, что в данных композиционных шламах оптимальное количество добавки, обеспечивающее максимальное разжижение шлама при концентрации ЛСТ порядка 0,2%, а для УЩР оптимальное количество добавки составляет 0,3%. Уменьшение пластической вязкости, может быть связано с высвобождением иммобилизованной воды и увеличением в связи с этим относительного содержания дисперсионной среды [7,8]. Это позволяет с достаточной долей вероятности говорить о том, что такие суспензии обладают значительной агрегативной устойчивостью [9].

В дальнейшем с помощью текучестемера МХТИ измерялась растекаемость шламов с различными количествами добавок и разной влажностью шлама (34%, 37 % и 40%).

Таблица 3

Растекаемость композиционного шлама с отходами Лебединского ГОК с использованием исследуемых добавок

№	W шлама, %	R, мм	Растекаемость шлама с добавками, (R мм)								
			Адипинат натрия, %			ЛСТ, %			УЩР, %		
			0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
1	34	50	50	52	52	72	85	90	57	67	100
2	37	68	70	72	74	85	105	110	82	100	115
3	40	70	75	78	80	95	105	115	90	110	120

Исходя из данных, представленных в таблице, можно сделать вывод о том, что добавка на основе адипината натрия практически не влияет на растекаемость композиционного шлама с отходами обогащения железистых кварцитов Лебединского ГОКа при его влажности 34% и 37% и незначительно влияет при увеличении влажности шлама до 40%.

Использование двух других добавок приводит к более эффективному результату: так использование добавок на основе ЛСТ и УЩР при влажности 34% приводят к увеличению растекаемости с 50 мм до значений 90 мм при использовании добавки ЛСТ, и 100 мм при использовании УЩР в количествах 0,3% масс. При этом использование этих двух добавок.

Увеличение влажности шлама до 37% и 40% приводит к значительному повышению эффективности использования добавок, при этом увеличение влажности композиционного шлама с 34% до 37% не приводит к значительному повышению эффективности использования добавки на основе адипината натрия. В этом случае растекаемость шлама изменяется от 68 мм до 74 мм что не позволяет говорить об эффективности использования этой добавки для композиционного шлама в данных условиях.

Использование добавок ЛСТ и УЩР в данном случае является более обоснованным, поскольку их использование позволяет значительно увеличить растекаемость шлама в случае использования ЛСТ при всех трех исследуемых влажностях шлама, начиная с концентрации 0,1% и выше, а разжижающее действие УЩР при влажности шлама 34% эффективно только при использовании его в количестве более 0,1%. При этом данные измерений реологических характеристик, практически полностью коррелируют с данными по растекаемости, что позволяет уже на этом этапе с достаточной долей вероятности прогнозировать эффективность той или иной добавки при использовании ее в качестве разжижающего агента для сырьевого шлама.

Предварительные экономические расчеты показывают, что использование добавок-разжижителей в количестве, превышающем 0,1%, лишь в отдельных случаях будет являться целесообразным, поэтому в данных условиях более эффективным разжижителем для композиционного шлама, содержащего отходы обогащения железистых кварцитов Лебединского ГОКа КМА в качестве железосодержащего компонента, будет добавка на основе ЛСТ. В то же время проведенные исследования показали возможность использования данных отходов для формирования композиционного шлама с необходимыми модульными характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента / Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С. 80-81.

2. Рахимбаев Ш.М. О перспективах повышения качества и экономических показателей строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. №7. С. 16-17.

3. Некоторые направления энергосбережения в производстве цемента /П.В. Беседин, П.А. Трубаев, О.А. Панова, Б.М. Гришко // Цемент и его применение. 2011. №2. С. 130-134.

4. Классен В.К. Энерго-ресурсосбережение в производстве цемента // Современные наукоемкие технологии. 2004. №1. С. 31.

5. Энерго- и ресурсосбережение при использовании техногенных материалов в технологии цемента / В.К. Классен, И.А. Шилова, Е.В. Текучева, В.В. Степанов// Строительные материалы. 2007. №8. С. 18-19.

6. Рахимбаев Ш.М. Отходы обогащения железных руд КМА – сырье для производства цемента: монография / Ш.М. Рахимбаев, Л.И. Яшуркаева, В.И. Мосьпан. – Белгород:изд-во БГТУ, 2012. – 164с.

7. Ломаченко Д.В, Кудеярова Н.П., Ломаченко В.А. Диспергация цементного клинкера при помоле с новой органической добавкой // Строительные материалы. 2009. №7. С. 62-63.

8. Ломаченко Д.В., Шаповалов Н.А. Регулирование реологических свойств цементных шламов с использованием отходов горнообогатительных производств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. с. 141-143.

9. Влияние СБ-3 и комплексных добавок на агрегативную и седиментационнную устойчивость цементных суспензий / Н.А. Шаповалов, В.А. Ломаченко, Д.В. Ломаченко, Л.И. Яшуркаева, А.А. Гребенюк // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 156-158

Черкашина Н. И., аспирант,
Карнаухов А. А., студент,
Бурков А. В., студент,
Сухорослова В. В., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СИНТЕЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ГИДРОФОБНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ*

natalipv13@mail.ru

*В настоящее время **полимерные материалы применяются** во многих отраслях промышленности: в медицине, авиационной и ракетно-космической технике, тяжелом машиностроении, радиоэлектронике и др. Одним из основных направлений расширения ассортимента полимерных материалов является введение в них различных наполнителей. В данной работе исследовалась возможность получения высокодисперсного силоксанового наполнителя для полистирольной матрицы на основе кремнийорганической жидкости. При исследовании полученного наполнителя использованы рентгенографический, ИК-спектроскопический, микроскопический и термогравиметрический методы исследования.*

В ходе исследований установлено, что полученный материал обладает высокой дисперсностью, гидрофобностью и устойчивостью кремнийорганического каркаса в температурном интервале до 531 ºС, что свидетельствует о хорошей совместимости наполнителя с полимерными матрицами, в частности с ударопрочным полистиролом.

***Ключевые слова:** матрица, наполнитель, полимер, гидрофобность, высокодисперсность.*

Полимерные материалы широко используются в медицине, авиационной и ракетно-космической технике, тяжелом машиностроении, радиоэлектронике и других отраслях промышленности. Активное замещение традиционных материалов полимерными, происходит в основном благодаря наполненным полимерным композициям, компоненты которых при взаимодействии друг с другом и полимерной матрицей способны оказывать синергический эффект. Сочетание наполнителей с полимерной матрицей позволяет получать материалы с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами, порой превосходящими аналогичные свойства металлов и сплавов. Исходя из требуемых свойств изготавливаемых материалов, подбирается определенное сочетание наполнителей [1].

В данной работе исследовалась возможность получения высокодисперсного наполнителя для полистирольной матрицы на основе кремнийорганической жидкости. Ранее была доказана хорошая совместимость материалов при модифицировании кремнийорганическими алкилсилоксанами [2].

Для синтеза высокодисперсного наполнителя выбран водо-растворимый метилсиликонат натрия – $CH_3–Si(OH)_2ONa$ (ГКЖ-11 – гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость). Метилсиликонат натрия в воде состоит из мономерных и димерных молекул размером 10–20 нм.

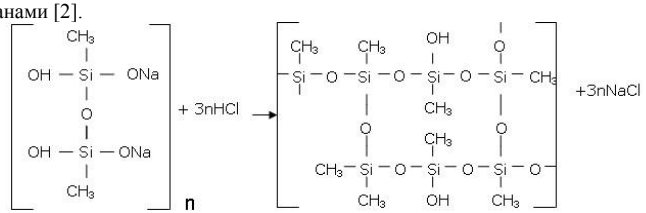
Разработанный технологический процесс получения наполнителя состоит из следующих стадий:

1) Синтезирование геля, получаемого в результате гелеобразования из золей коллоидного раствора;

2) Осаждение геля методом центрифугирования и промывка от ионов Na^+;

3) Высушивание геля при температуре 100 °С с целью получения порошкообразного наполнителя – ксерогеляметилполисилоксана (МПС).

Для получения геля к раствору метилсиликоната натрия добавляют соляную кислоту в стехиометрическом соотношении 1:3. Предполагается, что синтез идет по следующей схеме:



Краевой угол смачивания полученного МПС составляет 110-120°, что свидетельствует о высоких гидрофобных свойствах синтезированного порошка. Кинетика перехода коллоидного раствора в гель и, соответственно, характеристики получаемых полупродуктов и порошков зависят от ряда факторов: значение pH, концентраций реагентов, продолжительности синтеза геля, температуры. По полученным данным оптимальным значением pH коллоидного раствора выбрано 4.

Осажденный силоксановый наполнитель (ксерогельметилполисилоксана) отделяли от раствора центрифугированием, декантировали дистиллированной водой от щелочи до значения pH 6,9–7,1, высушивали в вакууме (p=0,1 атм.) при 100 ºС в течение 3 часов и диспергировали в мельнице до размера частиц 0,1–1 мкм.

При исследовании полученного высокодисперсного гидрофобного наполнителя использованы рентгенографический, ИК-спектроскопический и микроскопический методы исследования.

Микроскопическое исследование порошка свидетельствует о глобулярной структуре полученного вещества. Анализ микрофотографии (рис. 1) синтезированного порошка показывает, что размеры глобул составляют 1–3 мкм, что говорит о высокодисперсности полученного вещества.

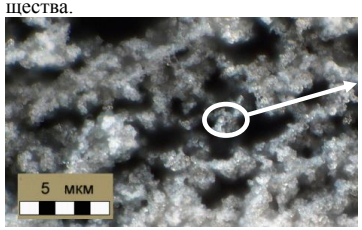


Рис.1. Микрофотография МПС

Рентгенограмму записывали в широком интервале углов дифракции 2θ от 4° до 64° с шагом 0,05°. Рентгеноструктурный анализ порошка указывает на аморфно-кристаллический характер вещества со средней величиной аморфного гало около 90 Å (рис. 2).

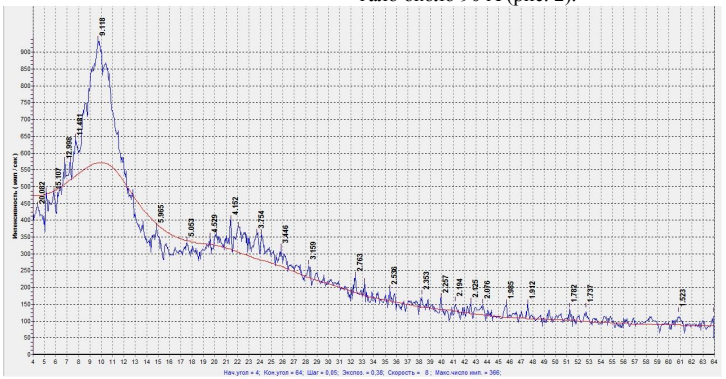


Рис. 2. Рентгенограмма ПМС

ИК-спектр полученногоПМС (рис. 3) получен в диапазоне волновых чисел от 360 до 4000 $см^{-1}$. Относительно широкая полоса поглощения в диапазоне 400 – 480 $см^{-1}$ соответствует асимметричным деформационным колебаниям связи Si–O.

Полоса поглощения при 690 $см^{-1}$, характерная для кристаллических форм SiO_2, отсутствует. Острые, как у кристаллических веществ, полосы поглощения при 771 и 1040 $см^{-1}$, указывают, соответственно, на симметричные и асимметричные валентные колебания связи Si–O. Предположительно полоса поглощения при 1040 $см^{-1}$ соответствует преимущественно цепочечной структуре кремнекислородного каркаса, в которой 2–3 из 4 валентных связей каждого атома кремния являются силоксановыми (Si–O–Si) [3].

Слабые полосы поглощения при 1630, 2350 $см^{-1}$ указывают, соответственно, на деформационные и валентные колебания молекулярной воды. Слабая полоса поглощения при 2850 $см^{-1}$ и интенсивная полоса поглощения 3300 – 3600 $см^{-1}$ соответствуют валентным колебаниям связи O–H в группах Si–OH [4].

Также в синтезированном МПС присутствуют полосы поглощения, характерные для полидиметилсилоксана: полосы валентных колебаний Si-CH_3 (1272 $см^{-1}$), Si-O-Si (1000-1130 $см^{-1}$), а также полоса 771 $см^{-1}$, характерная для силоксановых соединений [4].

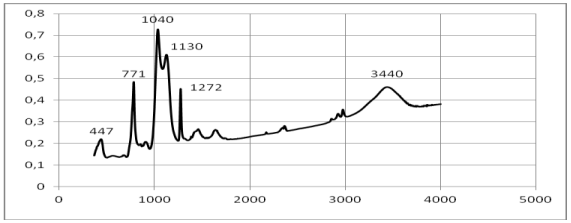


Рис. 3. ИК-спектр МПС

Результаты термогравиметрического анализа представлены на рисунке 4 (а-г). МПС нагревали до 750 ºС в течение 75 мин.

Кривая потери массы от температуры (кривая TG, рис. 4 б) имеет наклонный характер до 33 мин., затем наблюдается горизонтальный участок до 54 мин., а затем наблюдается резкое снижение. Потеря массы МПС до 281 ºС связана с удалением примесей и термическим уносом газообразных органических веществ, таких как метан, формальдегид, метиловый спирт, образующихся в результате внутренних фазовых превращений алкильных групп (CH_3-, C_2H_5-).

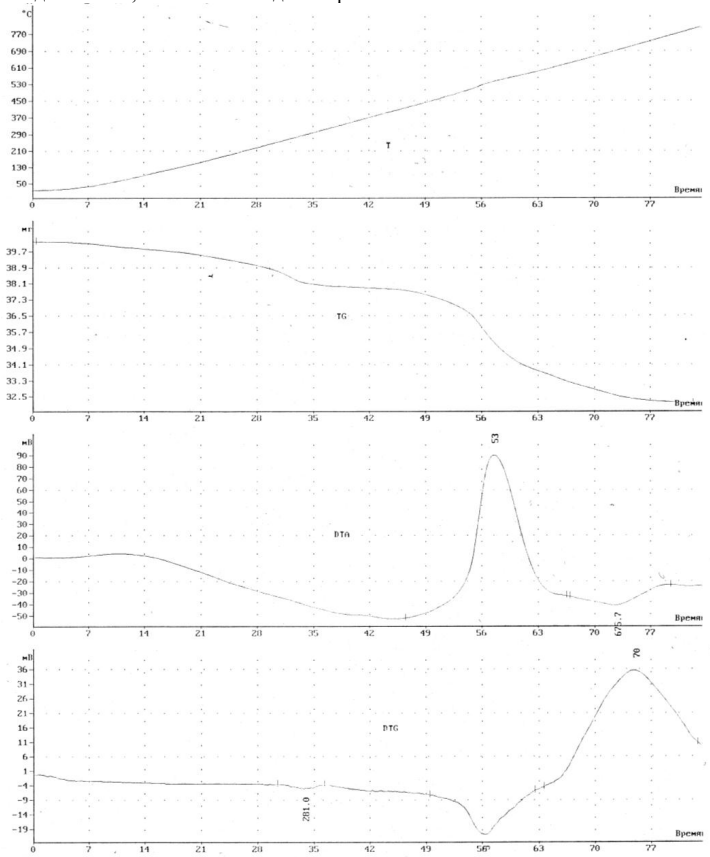


Рис. 4. Результаты термогравиметрического анализа МПС:
а – изменение температуры (кривая Т); б – изменение массы (кривая TG);
в – изменение энтальпии (кривая DTA); г – скорость изменения массы (кривая DTG)

Пик на кривой DTG и DTA при 531 ºС определяет истинную температуру химического превращения МПС. Это говорит об устойчивости кремнийорганического каркаса в температурном интервале до 531 ºС и отсутствии значимых химических превращений (за исключением реакции дегидрирования и деалкилирования). Термодеструкция синтезированного МПС заметно проявляется при температуре более 531 ºС. После этой температуры идет нарастание массы (рис. 4 в) образца в результате окисления продуктов деструкции материала. Нарастание массы объясняется образованием кристаллического оксида кремния (α-SiO_2), образованного в результате термодеструкциисилоксановой цепи, а также силикатных и карбонатных структур.

Таким образом, установлена возможность получения высокодисперсного наполнителя для полимерных матриц на основе кремнийорганической жидкости. Полученный материал обладает высокой дисперсностью, гидрофобностью и устойчивостью кремнийорганического каркаса в температурном интервале до 531 ºС, что свидетельствует о хорошей совместимости наполнителя с полимерными матрицами [5], в частности с ударопрочным полистиролом.

**Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.B37.21.0415.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дувакина Н.И., Ткачева Н.И. Выбор наполнителей для придания специальных свойств полимерным материалам // Пластические массы. 1989. № 11. С. 46–48.

2. Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н. Исследование механизмов модифицирования поверхности природных железорудных минералов алкилсиликонатами // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2005. Т. 48. № 4. С. 140.

3. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры силикатов. – М.: МГУ, 1967. – 139 с.

4. Крешков А.П. Анализ кремнийорганических соединений / А.П. Крешков, В.А. Борк, Л.В. Мышляева и др. – М.: Госхимиздат, 1954. – 258 с.

5. Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Едаменко О.Д., Ястребинская А.В. Полимерные диэлектрические композиты с эффектом активной защиты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 62-66.

Шаповалов Н. А., д-р техн. наук, проф.,
Ломаченко В. А., канд. хим. наук, доц.,
Яшуркаева Л. И., канд. техн. наук, доц.,
Ломаченко С. М., н.с.,
Гребенюк А. А., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ДОБАВКАМИ*

dsubwayl@yandex.ru

Представлены результаты реологических исследований водных суспензий CaCO3, поверхность которого была первоначально модифицирована добавкой ПД-2 с суперпластификатором СБ-3. Определены реологические параметры этих суспензий. Показано, что применение последовательного комплекса ПД-2 + СБ-3 обеспечивает эффект синергизма воздействия на пластичные свойства суспензий.

***Ключевые слова**: пластифицирующие добавки, электролиты в суспензиях, модифицированные поверхности, реология суспензий, совместное действие различных добавок.*

В последнее время в промышленности строительных материалов применяется большое количество добавок направленных на улучшение технологических свойств суспензий [1-9]. Однако мало изучено действие повторного модифицирования частиц суспензий различными по составу добавками. Поэтому нами было исследованы реологические свойства суспензий при последовательном введении добавок различного состава и строения. В качестве модельной дисперсной фазы при изучении механизма действия добавок в водных суспензиях использовали $CaCO_3$ ($S_{уд.}$= 2 м^2/г). Выбор был обусловлен однозначностью химического и дисперсионного состава, отсутствием заметных гидратационных процессов, а также тем, что он входит в состав промышленных дисперсий. В качестве добавок были выбраны пластифицирующая добавка ПД-2 [10] и суперпластификатор СБ-3 [11].

Влияние полученных и известных добавок на реологические свойства водных минеральных суспензий изучали на приборе "Реотест-2,1". Реологические параметры (предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 и пластическую вязкость $\eta_{пл}$) рассчитывали по зависимостям сдвигающего напряжения при различных значениях скорости сдвига (реологическим кривым). Концентрацию добавок рассчитывали в процентах на сухое вещество от массы дисперсной фазы. Добавка ПД-2 вводилась путем перетирания в шаровой мельнице.

Из реологических кривых (рис. 1) концентрированных бездобавочных суспензий видно, что они являются типичными вязкопластичными суспензиями с достаточно высокими значениями предельного напряжения сдвига и зависимостью эффективной вязкости от скорости деформации, присущей для сильно структурированных дисперсий. Введение добавки изменяет характер кривых

Как видно из рисунка, течение исходной суспензии и суспензий с добавкой достаточно хорошо описываются как уравнением Оствальда (1.1) так и уравнением Бингама (1.2).

$$\tau = k\,\dot{\gamma}^{\,n} \qquad (1.1)$$

$$\tau = \tau_0 + \eta_{пл}\,\dot{\gamma} \qquad (1.2)$$

Из полученных реологических кривых определяли предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 и пластическую вязкость $\eta_{пл}$, зависимости которых от количества ПД-2 представлено в таблице 1.

По мере увеличения концентрации ПД-2 характер реологического течения меняется. При достижении оптимальных дозировки 0,04% взаимодействие между частицами в суспензии, определяемое величиной предельного динамического напряжения сдвига, уменьшается в два раза, что следует из данных таблицы 1.

Таблица 1

Реологические параметры суспензии

Концентрация	Предельное динамическое напряжение сдвига , τ_0, Па	Пластическая вязкость, $\eta_{пл}$, Пас
0	26,6	0,09
0,02	22,7	0,06
0,04	21,4	0,04
0,06	20,9	0,03
0,08	20,8	0,02
0,1	20,7	0,02

Пластическая вязкость также вначале значительно уменьшается, но затем достигает определенного минимального значения, причем выход на минимум кореллирует с концентрацией ПД-2, при котором τ_0 становится минимальным. Уменьшение пластической вязкости связано в первую очередь с высвобождением иммобилизованной воды и увеличением, в связи с этим, относительного содержания дисперсионной среды. Увеличение толщины водных прослоек между частицами приводит к уменьшению трения между движущимися слоями и падению пластической вязкости.

Поскольку величина предельного динамического напряжения сдвига концентрированной суспензии обуславливается совокупностью сил сцепления частиц в местах их контакта с жидкостью, из полученных данных следует, что применение предложенной добавки приводит к лиофилизации поверхности частиц. Последнее подтверждается данными по измерению краевых углов смачивания: увеличение концентрации добавки до 1% приводит к уменьшению краевого угла смачивания на 15%.

На второй стадии из частиц мела с предварительно модифицированной ПД-2 поверхностью готовили водные суспензии с добавлением СБ-3. Измеряли реологические зависимости на на ротационном вискозиметре Реотест-2.1 и рассчитывали реологические характеристики суспензий. В качестве сравнения использовали суспензии с немодифицированным мелом, а также с традиционно применяемой стандартной пластифицирующей добавкой С-3.

Ход реологических кривых носил характер аналогичный представленному на рисунке 1, т.е. суспензии ведут себя первоначально как твердообразные вязкопластичные жидкости. С увеличением количества добавки и достижения оптимальных значений при концентрациях 0,15% предельное динамическое напряжение сдвига суспензий приближается практически к нулю. Суспензия ведет себя как ньютоновская жидкость. Последнее означает, что добавка практически устраняет взаимодействие между частицами, за которые и отвечает значение предельного динамического напряжения сдвига. Результаты сравнения реологических параметров суспензий для частиц с различной поверхностью и различными добавками приведены на рисунках 2 и 3.

Как видно из рисунков для мела с поверхностью предварительно модифицированной ПД-2 минимальные значения предельного динамического напряжения сдвига и пластической вязкости наступают при меньших концентрациях добавки.

Таким образом, применение последовательного комплекса ПД-2 + СБ-3 обеспечивает эффект синергизма воздействия на пластичные свойства суспензий.

Величина предельного напряжения сдвига концентрированных суспензий обуславливается совокупностью сил сцепления частиц в местах их контакта друг с другом: прочностью Р индивидуальных контактов между частицами и их числом α на единицу поверхности. В этом приближении $\tau_o = P\cdot\alpha$, где величина α определяется размером частиц и плотностью упаковки, и при введении добавки изменяется только в определенных пределах за счет протекания процессов пептизации или коагуляции. Отсюда следует, что уменьшение предельного напряжения сдвига практически до нуля при оптимальных дозировках добавки обусловлено падением прочности индивидуального контакта до значений, сравнимых с энергией теплового движения.

Адсорбция СБ-3 на частицах мела приводит к снижению энергии коагуляционного контакта до энергии теплового движения и уменьшению предельного напряжения сдвига практически до нуля.

Уменьшение пластической вязкости связано в первую очередь с высвобождением иммобилизованной воды и увеличением, в связи с этим, относительного содержания дисперсионной среды. Увеличение толщины водных прослоек между частицами приводит к уменьшению трения между движущимися слоями и падению пластической вязкости.

**Работа выполнена в рамках г/б НИР № 3-11/12 «Развитие теории регулирования реологических свойств и агрегативной устойчивости концентрированных минеральных суспензий» по проекту № 7.4430.2011 от 01.01.12 г.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слюсарь А.А., Слюсарь О.А., Ефимов К.А. Пластификатор на основе флороглюцина как разжижающая добавка для полиминеральных суспензий // Известия высших учебных заведений. Строительство 2006. №6. С. 39-42.

2. Ломаченко В.А., Яшуркаева Л.И., Яшуркаев О.В.Изучение адсорбционных и реологических свойств сырьевых материалов с добавкой СБ-3 // Успехи современного естествознания. 2008. №9. С. 123-124.

3. Ячеистые бетоны с суперпластификатором СБ-3 / Н.А.Шаповалов, В.А. Ломаченко, Л.И. Яшуркаева, О.В. Яшуркаев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2009. №2. С.33-35.

4. Слюсарь А.А., Полуэктова В.А.Механизм пластификации минеральных суспензий оксифенольными олигомерами // Строительные материалы. 2009. №2. С.17-19.

5. Назарова В.В., Кудеярова Н.П., Шиманская М.С. Реология меловых суспензий. // Строительные материалы. 2011. №9. С.39-42.

6. Влияние СБ-3 и комплексных добавок на агрегативную и седиментационную устойчивость цементных суспензий / Н.А. Шаповалов, В.А. Ломаченко, Д.В. Ломаченко, Л.И. Яшуркаева, А.А. Гребенюк // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2012. №4. С. 156-158.

7. Ломаченко Д.В., Кудеярова Н.П.Коллоидно-химические свойства вяжущих с добавкой на основе отхода производства резорцина: монография.Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 72 С.

8. Панова О.А., Ивлева И.А., Беседин П.В. Исследование структурно-реологических свойств суспензий различного минералогического состава в присутствии углещелочного реагента // Цемент и его применение. 2012. № 5. 4 С.

9. Ломаченко Д.В., Шаповалов Н.А. Регулирование реологических свойств цементных шламов с использованием отходов горнообогатительных производств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 141-143.

10. Яшуркаев О.В. Влияние ПБ-2 на реологические свойства водных минеральных суспензий // Международная научно-практическая конференция «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии» изд-во БГТУ, Белгород. 2005. С.148-149.

11. Ломаченко В.А. Суперпластификатор для бетонов СБ-3 // Физико-химия строительных материалов: сб. науч.тр. – М.: МИСИ, БТИСМ, 1983. С.6-12.

Ястребинский Р. Н., канд. физ.-мат. нау., проф.,
Матюхин П. В., канд. техн. наук, доц.,
Евтушенко Е. И., д-р техн. наук, проф.,
Ястребинская А. В., канд. техн. наук, доц.,
Воронов Д. В., канд. техн. наук, ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫЕ МАТРИЦЫ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС*

yrndo@mail.ru

Разработана радиационно-защитная технология кондиционирования жидких радиоактивных отходов АЭС различной радиоактивности в железооксидные матрицы, обеспечивающая эффективную радиационную защиту и безопасную изоляцию радионуклидов. Полученные железооксидные компаунды, наполненные радиоактивными отходами, обладают высокими физико-техническими и эксплуатационными характеристиками. Разработан упаковочно-защитный комплект в форме пустотелого конструкционного строительного блока на основе тяжелого радиационно-защитного бетона для консервации в нем отвержденных жидких радиоактивных отходов повышенной радиоактивности.

Ключевые слова: *жидкие радиоактивные отходы, кондиционирование, железооксидные матрицы, радиационная защита, защитные упаковочные комплекты.*

Существует актуальная проблема, имеющая экологическое, социальное и экономическое значение – проблема обращения с радиоактивными отходами (РАО), накопленными в результате многолетней эксплуатации АЭС. В настоящее время проблема усугубляется в связи с начавшимся выводом из эксплуатации и реконструкцией отдельных блоков АЭС, промышленных реакторов, что прямо связано с дополнительным образованием больших количеств РАО.

Главной причиной сегодняшних проблем обращения с РАО является существовавшая в течение последних 50-ти лет практика минимизации затрат, предназначенных на создание современных технологий по консервации, переработки и хранению РАО, особенно жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Существующая сегодня в России система обращения с ЖРО предусматривает, в основном, временное хранение вразличного рода наземных хранилищахна территории промышленных площадок АЭС. Технологии переработки и хранения жидких радиоактивных отходов в большинстве устарели и не соответствуют современным нормативным требованиям.

В последнее десятилетие на АЭС начинают внедряться отдельные технологии кондиционирования РАО, так как простое хранение жидких РАО может рассматриваться только как временная мера.

Требуется разработка и внедрение целостной концепция обращения с РАО, основанной на том, что отходы должны перерабатываться, храниться, транспортироваться и захораниваться таким образом, чтобы на протяжении всего срока потенциальной опасности они не оказывали вредного влияния на человека и окружающую среду.

Выбор технологий и оборудования обращения с РАО определяется уровнем радиоактивности отходов, их агрегатного состояния, а также количеством отходов и в конечном счете зависит от того, где и как образуются РАО.

Проведенный анализ состояния по обращению низкоактивных иловых отложений АЭС с РБМК свидетельствует, что данному направлению уделялось недостаточное внимание [1,2].

Образующиеся в огромных количествах на АЭС иловые отложения в соответствии со СПОРО-2002 и СП-АС-03 относятся к ЖРО и, как отходы, содержащие гамма-излучающие радионуклиды, у которых МЭД превышает 30 мкР/ч, считаются токсичными и не могут быть вывезены по штатной схеме в места захоронения.

Таким образом, необходима разработка технологии, позволяющей извлечь, переработать и удалить слаборадиоактивный ил АЭС с РБМК с соблюдением действующих норм и правил по обращению с радиоактивными или токсичными промышленными отходами.

Отличительной особенностью твердых радиоактивных илов АЭС с РБМК является высокая водоудерживающая способность, их загрязненность органическими продуктами. Основными радионуклидами являются: ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{54}Mn, ^{59}Fe, ^{95}Zr и ^{95}Nb. Средняя β- удельная ак-

тивность отходов - около $4\odot10^{-6}$ Ku/кг, α- активность не наблюдается. Мощность экспозиционной дозы (МЭД) на поверхности карт от 50 до 750 мкР/ч. В соответствии со СПОРО-2002 и СП-АС-03 иловые РАО относятся к низкоактивным отходам (НАО) 1-ой группы.

Исходные иловые отходы обладают тонкодисперсной развитой коагуляционной структурой, которая сильно затрудняет процессы водоотделения, сушки и компактирования отходов. Для устранения этих недостатков разработан метод предварительной тепловлажностной обработки ила в автоклаве при давлении пара 0,8-1,2 МПа и температуре 180-200°С. Автоклавирование проводили по режиму 2+6+2 час с выдержкой 4-6 час в нормальных условиях.

Проведенные исследования по термовлажной обработки радиоактивного ила в условиях его автоклавирования с широким диапазоном величины мощности экспозиционной дозы (МЭД) илов от 160 до 750 мкР/ч обеспечивает разрушение коагуляционных структур отходов, стабилизацию органических составляющих и полную стериализацию (уничтожение микроорганизмов).

В результате автоклавирования изменяются физико-химические свойства иловых отходов, улучшается водоотделение(в процессе фильтрации или сушки). Происходит дополнительное уменьшение объема иловых отходов на 25-50%.

По данным рентгенофазового анализа в илах, подвергнутых автоклавированию при давлении пара 1,2 МПа и температуре 200^0С зафиксировано протекание гидротермального синтеза минеральных фаз (наиболее интенсивно при введении в иловые отходы гашеной извести в количестве 10%): гидросиликатов кальция, тоберморита $5CaO\cdot 6SiO_2\cdot 5H_2O$ и гидроалюминатов кальция.

Образующиеся гидросиликаты и гидроалюминаты кальция при гидротермальных условиях обработки иловых РАО (ИРАО) обладают вяжущими свойствами (гидравлические вяжущие), что способствует повышению прочностных характеристик композиций на основе иловых радиоактивных отходов.

Из автоклавированного ила в смеси с портладцементом марки М500 методом полусухого прессования бетонной смеси под давлением от 2 до 20 МПа формовались мелкозернистые прессованные бетоны в форме стандартных кирпичей (250×120×65мм), которые подвергались пропариванию согласно ГОСТ 6665-91 (Композит-1).

Оценка влияния состава бетона с иловым наполнением на его характеристику выполнена по коэффициенту конструкционного качества бетона A($A = R_{сж} / \rho^2$, где: $R_{сж}$- прочность на сжатие, ρ - плотность бетона).

При наполнении бетона термоактивированными илами в количестве 30-40% коэффициент A бетона практически сохраняется на одном уровне и снижается при наполнении бетона илами в количестве выше 60%. Положительная роль гидротермальной обработки ИРАО на конструкционное качество бетона для состава: илы (40%) – цемент (60%) коэффициент A возрастает от 29 (исходный ил) до 109 (после гидротермальной обработки), т.е. в 3,7 раза. Для состава: илы (60%) – цемент (40%) коэффициент конструкционного качества бетона возрастает от 15 (исходный ил) до 88 (после гидротермальной обработки), т.е. в 5,9 раза. Полученный прессованный мелкозернистый бетон ($P_{уд.}$= 5 МПа) в форме кирпича имеет высокие конструкционные характеристики: при степени наполнения бетона 40-60% ИРАО прочность на сжатие составляет 20-38 МПа при плотности бетона 1550-1830 кг/м^3.

Прямое цементирование термоактивированных ИРАО в пределах разработанных составов обеспечивает величину МЭД на поверхности бетона на фоновом уровне при использовании иловых отходов с МЭД до 75 мкР/ч. При обращении ИРАО с МЭД выше 75 мкР/ч (до 270 мкР/ч) фоновый уровень обеспечивается на расстоянии 2 м от поверхности упаковки.

Для обеспечения норм радиационной безопасности (НРБ-2009) на поверхности прессованного бетона с ИРАО выполнены исследования по дополнительному введению в сырьевую цементно-иловую композицию высокодисперсного магнетита (Композит-2) с формовкой стандартных кирпичей методом прессования.

При использовании смесей на основе термоактивированных ИРАО с модулем крупности ($M_{кр}$) более 1,41 (до 2,45) трещины расслаивания не проявляются на всем реальном диапазоне прессованных давлений (5-25 МПа). Наиболее стабильные результаты получены при использовании гранулированных иловых ТРО.

Цементно-магнетитовые смеси с иловыми ТРО, начиная с давления прессования 8-10 МПа дают высокую (выше 0,2 МПа) прочность сырца в широком диапазоне влажности (6-12%). Это значительно упрощает подготовку иловых отходов после автоклавирования, исключая необходимость в их подсушке.

Планируемую прочность бетона с ИРАО можно получить при различных дозировках цемента в смеси и прессового давления. Установлено, что наращивание давления при использовании активируемых илов может быть более продуктивным, чем увеличение содержание цемента. Так наращивание давления прессования от 5 МПа до 10 МПа, т.е. в 2 раза обеспечивает пропорциональное повышение прочности образцов. Повышение давления прессования от 10 МПа до 25 МПа повышает прочность бетона в 1,5 раза. Изменение содержания цемента в 1,5 раза в сравнении с базовым влияет на прочность в значительно меньшей степени. Проигрывая, например, в прочности всего 12%, можно сэкономить около 220 кг цемента на 1 тыс. шт. кирпича из прессованного бетона.

Проведенные исследования позволили сделать следующие заключения.

При пониженном давлении прессования (2,5-10 МПа) необходимо готовить смеси с повышенным содержанием цемента (15-25%), а при высоком давлении прессования (20-25 МПа) готовить смеси с пониженным содержанием цемента (10-15%). Наиболее рациональный вариант должен определяться конкретными условиями хранения упаковок из мелкозернистого бетона и его возможным использованием в качестве строительного материала в спецхранилищах РАО. При низких давлениях формования изделий (2-5 МПа) их прочность незначительно зависит от крупности ИРАО (рис. 1). С увеличением давления прессования от 10 до 25 МПа эта зависимость становится более сильной.

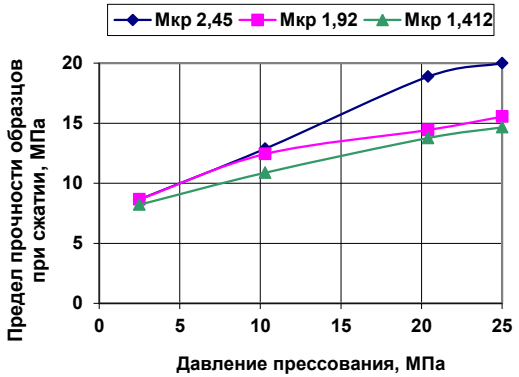


Рис. 1. Зависимость прочности бетона от давления прессования (ИРАО - 40%. цемент- 20 %, магнетит- 40%). В/Ц=0,28

Установлено, что введение в состав бетона термоактивированных ИРАО с повышенным модулем крупности ($M_{кр.}$=2,45) частиц в значительной степени компенсирует отставание в росте прочности бетона.

Влияние водоцементного отношения (В/Ц) на прочность бетона показали, что в разработанных высоконаполненных илами бетонах влияние В/Ц на процессы твердения данных бетонов имеет свои особенности в сравнении с традиционными бетонами в исследуемой области давлений прессования. Так, для бетонов с ИРАО (40%) при В/Ц от 0,15 до 0,25 при сроках твердения от 7 до 14 сут. происходит незначительный рост прочности бетона. При дальнейшем увеличении сроков твердения (от 14 до 28 сут.) влияние В/Ц (от 0,15 до 0,25) снижается и в возрасте 28 суток рост прочности в зависимости от отношения В/Ц практически отсутствует. При дальнейшем росте В/Ц от 0,25 до 0,28 положительное влияние В/Ц на прочность резко возрастает. Чем больше срок твердения бетона, тем в большей степени положительное влияние оказывает повышенное отношение В/Ц.

Обработка экспериментальных данных по выбору оптимальных технологических параметров процесса формования мелкозернистого прессованного бетона, наполненного ИРАО позволила установить уравнение регрессии, позволяющее рассчитать прочность на сжатие бетона, наполненного иловыми ТРО от исследуемых технологических параметров (в диапазоне давлений прессования - от 2,5 до 25 МПа):

$$Rсж = 24{,}8+2{,}5\,X_1+4{,}8\,X_2+3{,}5\,X_3-9{,}7\,X_4-5{,}1\,X_5-1{,}1\,X_1\cdot X_2-1{,}8\,X_1\cdot X_3+0{,}8\,X_1\cdot X_4- -0{,}4\,X_1\cdot X_5-2{,}5\,X_2\cdot X_3-1{,}2\,X_2\cdot X_4-0{,}8\,X_2\cdot X_5-1{,}1\,X_3\cdot X_4+0{,}8\,X_4\cdot X_5 \quad (1)$$

где: - X_1 - давление прессования; X_2 - модуль крупности стабилизированных иловых ТРО; X_3 - водоцементное отношение; X_4 -соотношение: цемент - илы; X_5 - соотношение: цемент - магнетит).

Введение магнетита обеспечивает практически пропорциональное снижение МЭД на поверхности бетона. Влияние массового отношения магнетита ($M_м$) и иловых отходов - ($M_о$) на кратность (K) ослабления МЭД γ-излучения

(фонового) на внешней поверхности бетонных упаковок показано на рис.2 и определяется уравнением 2:

$$M_м / M_о = (K^2 – K) / 6 \quad (2)$$

Рис. 2. Влияние отношения магнетит / И-ТРО (мас.) на кратность ослабления γ- излучения ^{60}Co

Введение в цементно-иловую композицию магнетита в количестве до 40% позволяет получить конструкционный бетон с высокими техническими показателями: плотность 2250-2550 кг/м^3, прочность на сжатие до 20 МПа.тпри закладке от 700 кг до 950 кг сухого ила на 1 м^3 бетона с ослаблением МЭД на поверхности комплекта в 2-5 раз.

Оптимальным с точки зрения технико- экономической целесообразности является следующий состав бетона: ИРАО – 40; цемент – 20 и магнетит – 40 % (мас.).

При утилизации ИРАО, загрязненных нефтепродуктами разработана технология термоактивации радиоактивных отходов путем их термообработки при 500°С (Композит-3).

При кондиционировании ИРАО с повышенной радиоактивностью (МЭД выше 350 мкР/час) разработана технология закладки отвержденных ИРАО в упаковочные защитные комплекты – УЗК (размером 200×200×400 см с толщиной защитной стенки 4 см), изготовленные из радиационно-защитной сухой смеси на основе механоактивируемых высокодисперсных порошков цементного клинкера, магнетита и добавки гипса – смесь СРБ (ТУ 5745-001-50974807-02) [3,4].

Физико-механические свойства УЗК: плотность 2900–2950 кг/м^3; прочность на сжатие 40-45 МПа.

При закладке УЗК отвержденных по одной из разработанных технологий ИРАО с максимальной активностью 750 мкР/ч, на внешней поверхности упаковки величина МЭД соответствует фоновому уровню.

Для надежной герметизации ТРО одним из важных показателей защитных упаковок является скорость выщелачивания радионуклидов. Скорость выщелачивания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr и ^{60}Co приведена в табл.1 (МЭД исходного ила 520 мкР/ч).

Таблица 1

Скорость выщелачивания (г / (см^2·сут.)) радионуклидов из отвержденных ИРАО с МЭД 520 мкР/ч защитных бетонов и упаковок

Образец	Скорость выщелачивания радионуклидов, г / (см^2·сут)		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{60}Co
Композит 1	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$
Композит 2	$7 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Композит 3	$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
УЗК	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$6 \cdot 10^{-7}$

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о высокой химической устойчивости разработанных упаковок для ИРАО, особенно упаковочный защитный комплект УЗК. Установлено, что

присутствие в мелкозернистом бетоне добавки из аморфногомикрокремнезема (5%) дополнительно снижает выщелачиваемость исследованных радионуклидов на 40-55%.

Введение отвержденных ИРАО по разработанным технологиям с широким диапозоном активности радионуклидов и МЭД дополнительно в упаковочные защитные комплекты УЗК позволит значительно повысить степень биологической защиты от НАО.

Учитывая высокую химическую устойчивость, конструкционные особенности бетонных композитов 1-3 и упаковки УЗК, с консервированными в них ИРАО, обеспечение радиационной и экологической безопасности, возможно использование разработанных материалов в строительстве, например, для хранилищ РАО на АЭС.

Полученные результаты позволили установить классификационный принцип консервации термоактивируемых ИРАО в защитных композитах и упаковках на основе мелкозернистого прессованного бетона в зависимости от величины МЭД сухих иловых РАО, обеспечивающий величину МЭД на внешней поверхности изделий до фонового уровня:

-до 75 мкР/ч – в композитах серии «Композит-1»;

-75 – 350 мкР/ч – в композитах серии «Композит-2» и «Композит-3»;

-350 – 750 мкР/ч – в упаковочном комплекте «УЗК».

Таким образом, разработана технология кондиционирования иловых РАО с различной радиоактивностью в цементные и цементно-магнетитовые матрицы с созданием инженерного барьера, обеспечивающего эффективную радиационную защиту и безопасную изоляцию радионуклидов. Получен конструкционный мелкозернистый прессованный бетон, наполненный ИРАО с высокими физико-техническими и эксплуатационными характеристиками: плотность до 3120 кг/м^3, прочность на сжатие до 20 МПа, степень закладки илов 40-60%. Величина МЭД на поверхности изделий снижается в 2-5 раз.

**Исследования выполнены при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.0298.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основные итоги работы концерна «Росэнергоатом» России в 2000 г. Стратегия развития АЭС // Бюл. концерна «Росэнергоатом» РФ. 2001. С. 27-32.

2. Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики. – М.: ВНИИАЭС. 2002. 247 с.

3. Композиционный материал для защиты отгамма излучения / Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко, П.В. Матюхин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 15–18.

4. Особо тяжелый радиационно-защитный железомагнетитосерпентинитовый цементный нанобетон / А.А. Смоликов, В.И. Павленко, И.И. Кирияк // Безопасность жизнедеятельности. 2012. №7. С. 6-12.

Нарцев В. М., канд. техн. наук,
Агеева М. С., канд. техн. наук, доц.,
Прохоренков Д. С., мл. научн. сотрудник,
Зайцев С. В., мл. научн. сотрудник
Карацупа С. В., канд. техн. наук, доц.,
Ващилин В. С., ст. науч. сотруд.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г Шухова

ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ALN И SIC НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ*

ageevams@yandex.ru

В работе на базе оборудования Центра высоких технологий (ЦВТ) БГТУ им. В.Г. Шухова были проведены первичные исследования влияния условий осаждения из магнетронной плазмы покрытий на их основные характеристики. Установлено, что увеличение доли O_2 ведет к уменьшению скорости осаждения. Шероховатость покрытий закономерно увеличивается при снижении общего давления из-за более интенсивной кристаллизации и удаления подложки от мишени из-за формирования островковой структуры.

Ключевые слова*: микроэлектроника, ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова, тонкие пленки AlN и SiC, сканирующий электронный микроскоп, рентгеновский дифрактометр, магнетронные распылительные установки.*

В настоящее время в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова) проводится множество научных исследований по различным направлениям, среди которых выделяется направление, посвященное развитию тонко пленочной технологии для микроэлектроники и специальных композитов [1]. Важной задачей таких исследований является поиск оптимальных технологических режимов осаждения высококачественных AlN и SiC буферных слоев на сапфире для последующего наращивания нитридных полупроводников.

При этом для проведения подобных исследований современная наука использует огромное количество самых тонких методов изучения, обеспеченных новейшим оборудованием. Такое оборудование является, несомненно, дорогостоящим, и зачастую, недоступным. В настоящее время, данная проблема решается формированием уникальных исследовательских комплексов. В 2013 году и в БГТУ им. В.Г. Шухова был создан Центр Высоких Технологий (ЦВТ), главной чертой которого является наличие оборудования, обеспечивающего проведение многопрофильных, многометодовых и междисциплинарных исследований. Основными направлениями деятельности ЦВТ являются исследования материалов, технологий научно-производственного назначения, определение основных физико-химических характеристик материалов.

Для решения поставленных задач применительно к описанному выше направлению использовали научное оборудование ЦВТ, такое как сканирующий электронный микроскоп, рентгеновский дифрактометр с геометрией параллельного пучка, магнетронные распылительные установки, спектральный эллипсометр и др.

Известно, что для производства надежной микроэлектроники, которая работает в силовых и высокочастотных цепях или излучает УФ свет, необходимы специальные подложки для последующего выращивания качественных нитридных гетеропереходов. Применение AlN и SiC эпитаксиальных темплатов на сапфире существенно снижает стоимость устройств, если сравнивать их с AlN и SiC - пластинами. В связи с этим, одним из направлений исследований, проводимых в ЦВТ является использование магнетронной распылительной эпитаксии, что позволит получать монокристальные пленки с необходимой ориентацией, высокой гладкостью и сравнимой с молекулярно-пучковой эпитаксией плотностью дислокаций.

Другая область проводимых исследований - синтез эффективных фото каталитических пленок методом магнетронного осаждения. Магнетронное осаждение позволяет очень точно регулировать химический состав, фазовое состояние, а также создавать многослойные и градиентные покрытия. Поэтому главной целью в этой области является поиск структур и технологии их выращивания для обеспечения эффективного фотокатализа.

Для напыления таких покрытий возможно использовать вакуумную установку QUADRA 500, оснащенную несбалансированной магнетронной распылительной системой квадрупольного магнетронного распыления.

В отличие от дуальной несбалансированной магнетронной распылительной системы магнетроны квадрупольной системы равномерно разнесены вокруг карусельного устройства. Это обеспечивает в процессе нанесения покрытия существенно более высокую однородность плазмы по всей траектории движения изделий-подложек и практически исключает наличие «теневых» зон с низкой степенью ионизации и малой плотностью потока металлических атомов. Кроме того, за счет определенной магнитной конфигурации и особого режима синхронизации работы магнетронов, квадрупольная система генерирует пульсирующую замагниченную плазму с более высокой, чем в разряде дуальной несбалансированной магнетронной распылительной системы, степенью ионизации. Повышенная степень ионизации благоприятствует осуществлению фазовой наносегрегации при синтезе нанокомпозитных покрытий. Все это приводит к получению наноструктурированных покрытий с уникальными свойствами и характеристиками, которые недостижимы при использовании предшествующих методов магнетронного распыления.

Существенным преимуществом квадрупольной системы является также двукратное увеличение числа магнетронов, что удваивает возможное количество фаз в получаемых покрытиях. Это обстоятельство значительно расширяет возможности установки по нанесению новых перспективных нанокомпозитных покрытий с уникальными свойствами.

Для предварительной очистки и активации поверхности подложек камера оснащена ионным источником и нагревательным элементом. При равномерном нагреве вращающихся деталей происходит испарение воды и углеводородных соединений и увеличение подвижности поверхностных атомов и молекул. Прогрев вакуумной камеры и образцов осуществляли в течении 7 мин с подачей аргона при помощи двух нагревательных тенов обладающих мощностью 2 кВт, с последующим остыванием в течении 10 мин.

Принцип действия ионного источника заключается в отборе ионов аргона из плазменного разряда, возбуждаемого между анодом и катодом в скрещенных электрическом и магнитном полях. Поток ионов аргона с энергией 1–1,5 кэВ направляется на обрабатываемые изделия и бомбардирует их поверхность, очищая от загрязнений. С поверхности изделия (подложки) удаляются микрозагрязнения, препятствующие образованию прочных связей поверхностных атомов подложки с осаждаемыми атомами покрытия. Причем предварительная обработка поверхности в вакууме значительно улучшает адгезию защитной пленки. С помощью устройств автоматического газонапуска, имеющего обратную связь с прибором контроля вакуума, в камеру подается рабочий газ – аргон до давления 6·10-2 Па. Включается вращение предметного стола, ионный источник выводится в режим травления: ускоряющее напряжение 2200 В, ток 110 мА и проводится ионная очистка поверхности подложки в течение 10 мин.

После окончания этого процесса с помощью устройств дозирующего газонапуска устанавливается постоянное натекание реакционных газов – азота (99,999%) с относительным парциальным давлением 0.22 Па. Включаются магнетроны с параметрами работы – 500 В и 6 А. Расстояние от подложек до магнетронов было одинаковое 70 мм, время напыления составило 30 мин, частота вращения предметного стола составляло 20 Гц.

Проведенные исследования показывают, что фотокаталитическая активность является сложной функцией параметров осаждения. Соответственно, для направленного поиска наибольшей фотокаталитической активности были использованы корреляции между свойствами покрытий, которые и влияют на фотокатализ. Среди таких свойств коэффициент поглощения, концентрация кристаллических фаз, размер зерен, преимущественная ориентация, отклонение от стехиометрии, скорость образования ОН-радикалов и др.

Таким образом, легкое управление, высокая воспроизводимость и однородность делает магнетронную распылительную эпитаксию выгодной альтернативой молекулярно пучковой эпитаксии. Кроме того, магнетронная эпитаксия имеет гораздо более широкие возможности по уменьшению плотности дислокаций, например: нитридизация поверхности сапфира, осаждение промежуточных кристаллических фаз и твердых растворов, чередование при синтезе стадий зарождения и роста и другие.

Исследования тонких пленок методами электронной микроскопии, дифракции электронов и рентгеновских лучей, инфракрасной спектроскопии позволили получить данные о параметрах поверхностной диффузии и реальном структурно-фазовом состоянии покрытия.

Исследования структурно-фазового состояния покрытия проводили с помощью рентгеновского дифрактометра ARLX´TRA (рис.1).

ARLX´TRA – рентгеновский дифрактометр оснащен параболическим зеркалом, которое позволяет проводить исследование тонких пленок с 0,75^{o} , с применением трубки с Cu-анодом и высокотемпературной приставкой AntonPaar, позволяющие проводить исследования непосредственно при температуре фазовых превра-

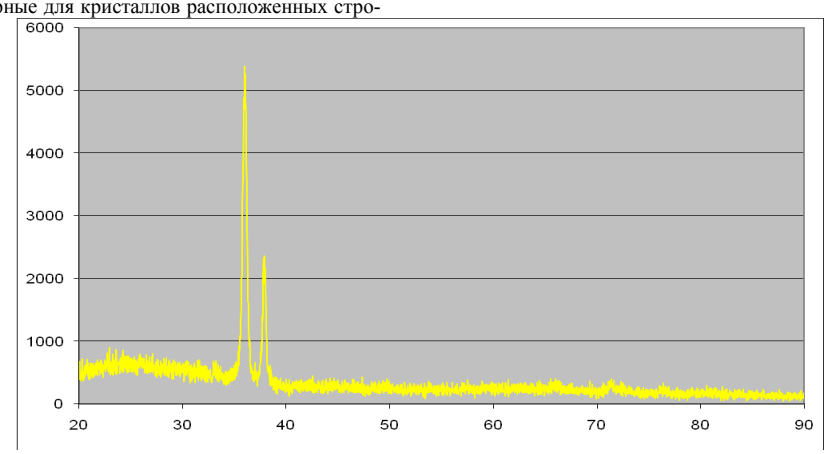
щений различных веществ до температуры 1600 ºС.

ARL9900 Intellipower Workstation – позволяет проводить рентгенофлуоресцентный анализ элементов от B до U и рентгенофазовый анализ в диапазоне двойных углов 2θ 8÷80°, с применением трубки с Co-анодом.

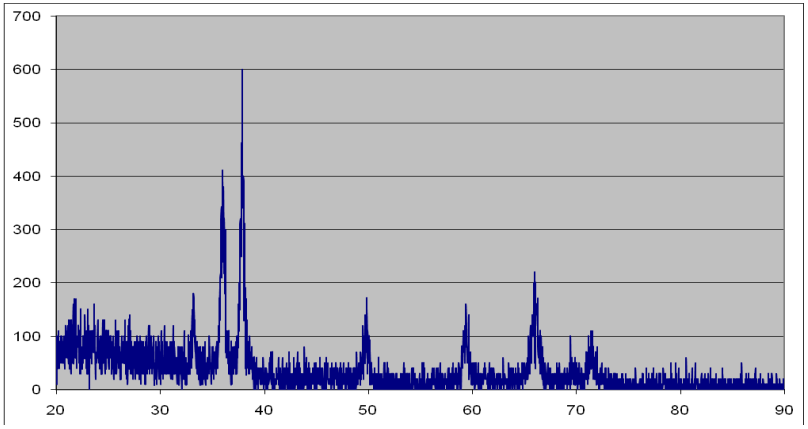
Обработка данных, расчет концентраций фазового и последовательного анализа элементов, осуществляется с помощью программных комплексов: UniQuant 5.56, Siroquant version 3.0, ICDD DDVIEW 2010, ICDD PDF-2 Release 2010, Difwin, Crystallographica Search Match.

На рентгенограммах, полученных в диапазоне угла 2θ, отчетливо видны лишь пики, характерные для кристаллов расположенных строго параллельно исследуемой плоскости образца. Тогда как в диапазонах малых углов θ зафиксированы отражения, характерные для кристаллов, как параллельных, так и наклоненных под определенным углом к исследуемой плоскости образца (рис.1).

При парциальном давлении кислорода менее 0,1 Па в основном формируются рентгеноаморфные покрытия. Установлено, что с ростом общего давления от 0,2 до 0,8 Па увеличивается степень кристалличности покрытий и растет доля анатаза, но при этом более чем в 4 раза снижается скорость напыления, а процесс переходит из кинетического в диффузионный режим осаждения.



а



б

Рис. 1. Рентгенограммы, полученные в диапазоне:
а – двойных углов 2θ; *б* – малых углов θ

Сканирующая (растровая) электронная микроскопия (СЭМ, РЭМ) позволяет получить изображения объёмных электронно-плотных образцов с высоким разрешением путём сканирования образцов тонко сфокусированным пучком электронов с энергией в диапазоне от нескольких сотен эВ до 50 кэВ с помощью системы отклоняющих катушек. Когда электроны сталкиваются с поверхностью и проникают в нее, происходит ряд взаимодействий, которые приводят к эмиссии электронов и фотонов из образца, и при попадании эмитированных электронов в катодно-лучевую трубку в ней формируются СЭМ- изображения.

Возможно получение информации о строении поверхности объекта (топографический контраст, вторичные электроны), о составе объекта (обратно-рассеянные электроны, анализ характеристического рентгеновского излучения) и некоторых других характеристик.

Для получения микрофотографий поверхности, размера зерен, преимущественной ориентации тонких пленок был использован сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения (до 1 нм) Tescan MIRA 3 LMU с возможностью работы при низком вакууме (рис.2).

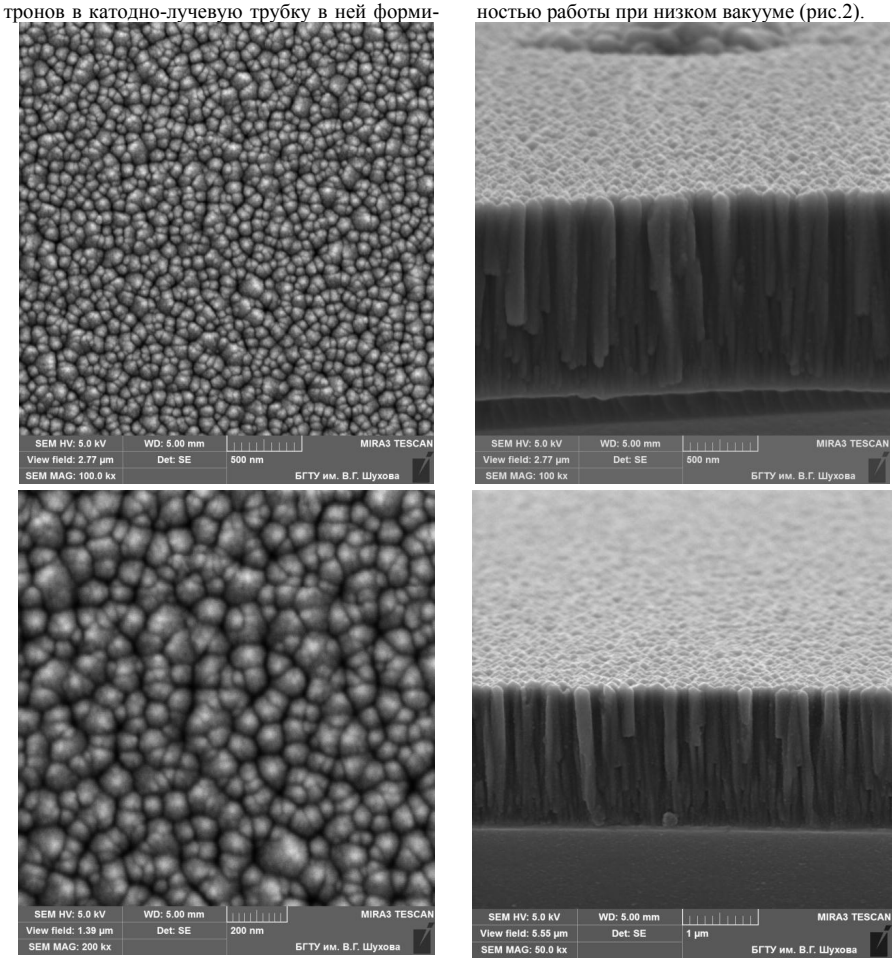


Рис. 2. Микрофотографии покрытий AlN на стекле

Основные технические характеристики микроскопа:

- Возможность энергодисперсионного микроанализа (ЭДА, EDS)
- Ускоряющее напряжение: от 200В до 30кВ с плавной регулировкой
- система подачи напряжения на образец для получения изображений высокого разреше-

ния при низких ускоряющих напряжениях от 50В до 5кВ

- максимальное значение тока зонда – 200 нА
- Увеличение: от 4х до 1 000 000х

Установленные детекторы:

1. SE – детектор вторичных электронов типа Эверхарта-Торнли. Служит для получения изображений топографического контраста.

2. R-BSE – выдвигаемый детектор отраженных электронов сцинцилляторного типа на основе высокочувствительного YAG кристалла с разрешением по атомному номеру 0.1Z. Служит для получения изображений композиционного контраста

3. LVSTD – детектор вторичных электронов типа Эверхарта-Торнли для режима низкого вакуума в камере. Служит для получения изображений топографического контраста в режиме низкого вакуума

4. Система энергодисперсионного микроанализа Advanced Aztec Energy(IE350)/ X-max80 с гарантированным спектральным разрешением на линии Mn Kα – 127 эВ.

Таким образом, на базе оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова были проведены первичные исследования влияния условий осаждения из магнетронной плазмы на характеристики покрытий. По зависимостям скорости осаждения от потока кислорода определены условия осаждения покрытий. В общем случае, увеличение доли O_2 ведет к уменьшению скорости осаждения. Однако изменение общего давления или мощности разряда существенно влияет на фазовое состояние. Шероховатость покрытий закономерно увеличивается при снижении общего давления из-за более интенсивной кристаллизации и удаления подложки от мишени из-за формирования островковой структуры.

Разработан метод моделирования спектра пропускания покрытия на прозрачной подложке с учетом интерференции, который позволил определить тип межзонного перехода (прямой, прямой запрещенный, непрямой и др.), энергию запрещенной зоны, собственное поглощение покрытия, показатель преломления и толщину покрытия, а также оценить пористость и шероховатость. Энергия запрещенной зоны покрытий увеличивается с ростом объемной доли кислорода в плазме и уменьшением толщины. Реализованы инструментальные методы оценки фотокаталитической активности по деградации red/ox-индикаторов и органических веществ.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований Грант РФФИ №12-03-97562-р_центр_а Изучение закономерностей осаждения тонких фотокаталитических диоксидтитановых покрытий из импульсной магнетронной плазмы. Нашими партнерами по проводимым исследованиям в Европе являются LIMO и EcoL Nationale Superieure des Mines d'Ales.

БИБЛИОРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование свойств TiOx-покрытий, формируемых с использованием вакуум-плазменных технологий / Е. И. Евтушенко, В. М. Нарцев, С. В. Зайцев, Н. В. Осипенко, Д. С. Прохоренков // Фундаментальные исследования. 2012. № 11 (часть 5). С. 1195-1200.

Сыса О. К., канд. техн. наук, доц.,
Морева И. Ю., канд. техн. наук, доц.,
Перетокина Н. А., канд. техн. наук, доц.,
Иванов А. С., зав. лаб.
Бедина В. И., асс.,
Трепалина Ю. Н., инж.,
Гоголевская О. В., магистрант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ И БАКТЕРИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ*

naukaei@mail.ru

Рассмотрены особенности гидротермальной и бактериальной обработки глинистого сырья, как методов стабилизации структуры глинистых минералов, способствующей повышению качества исходных материалов и готовых композиционных изделий керамического составов.

Ключевые слова: *глина, каолин, гидротермальная обработка, бактериальная обработка, стабилизация, структура, реология, керамика.*

Переработка и приведение характеристик природного сырья к требованиям технологии в настоящее время является ключевым переделом при производстве высококачественных строительных материалов. Известно, что управление процессами структурообразования на стадии подготовки сырьевых компонентов позволяет эффективно воздействовать на их технологические характеристики, расширить номенклатуру применяемых материалов, учесть изменения свойств промежуточных продуктов и повысить качество выпускаемой продукции [1].

Глинообразующие минералы находятся в кристаллическом состоянии, которое, однако, не является стабильным. Структура таких минералов может радикально изменяться под действием температуры, среды, давления и т.д. Зачастую именно эта нестабильность может являться причиной плохой воспроизводимости промышленных результатов в технологии тонкой и строительной керамики. Стабилизировать свойства глинистых материалов возможно с использованием ряда традиционных технологических операций. Одними из перспективных направлений при этом могут являться гидротермальная [2, 3] и бактериальная обработки [4, 5].

Изучен ряд глинистых материалов различного минералогического состава, широко применяющийся в технологии тонкой керамики: каолины (просяновский, глуховецкий, ленинский, журавлиноложский), каолинито-гидрослюдистые глины Латненского, Шулеповского, Новорайского и Веселовского месторождений. По данным РФА применение гидротермального воздействия при давлении пара 1,6 МПа и температуре 200°С было способствует упорядочению структуры глинистого сырья при постоянстве фазового состава [3]. С учетом относительного роста коэффициентов совершенства структуры глин и каолинов, рассчитанных по методу Хинкли и Кюблера [6] и смещения основных отражений каолинита и иллита в сторону больших бреговских углов, можно утверждать об увеличении степени совершенства кристаллического строения глинистых минералов после гидротермальной обработки.

Тенденция к упорядочению структуры глин и каолинов наблюдается и в результате бактериальной обработки сырья культуральной жидкостью микроорганизмов, по морфологическим признакам сходных с «силикатными бактериями» (выпуклые, прозрачные, слизистые) (рис. 1) Микроорганизмы в данном случае предварительно были выделены из почвы и культивированы на среде Зака. При этом установлено, что оптимальным временем бактериальной обработки глин составляет – 5-10 суток.

Рис.1 Микрофотография образца колоний микроорганизмов, культивированных на среде Зака

Анализ микрофотографий структуры глинистых материалов, полученных с помощью растрового электронного микроскопа «Mira-3», дает возможность утверждать, что и бактериальная, и гидротермальная обработка способствуют изменению формы глинистых частиц с неправильной, угловатой на более совершенную округлую; уменьшению расстояния между слоями, формированию более совершенной упаковки частиц глинистых минералов (рис. 2, 3).

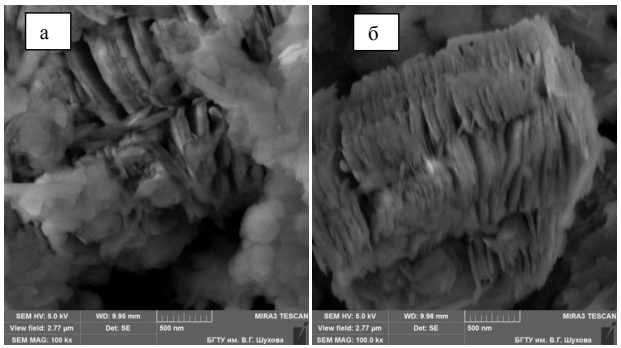


Рис. 2. Кристаллическая структура каолина «Журавлиный Лог»:
а - без обработки; б – после гидротермальной обработки

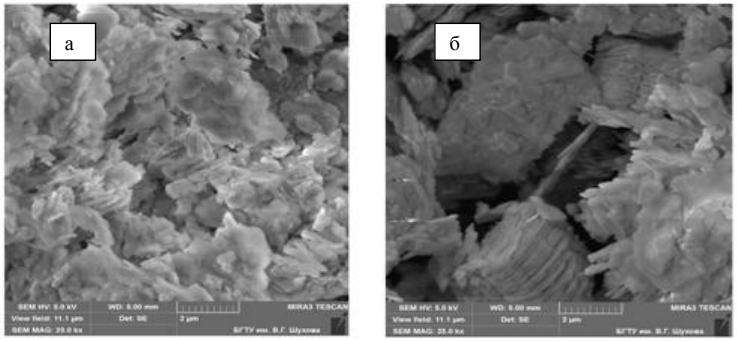


Рис. 3. Кристаллическая структура елениского каолина:
а - без обработки; б – после бактериальной обработки

Особенностью бактериального воздействия является одновременное протекание процессов упорядочения кристаллической структуры глинистых минералов и их деструкции. Так результаты измерения pH показали, что на 5 день выдержки у обработанных образцов среда более кислая по сравнению с контрольными. Вероятно, это связано с процессом накопления в глинах бактериальных метаболитов кислой природы (органические кислоты). С увеличением времени выдержки у обработанных образцов наблюдается сдвиг в сторону слабощелочной среды, что говорит о процессах деструкции минералов, гидролизе и других процессах, происходящих под действием микробных метаболитов. У контрольных образцов напротив наблюдается сдвиг от слабощелочной среды в сторону слабокислой, что связано, вероятно, с накоплением углекислоты воздуха (рис. 4).

Оба метода стабилизации глин могут найти применение в литьевых технологиях формования керамики, которые наиболее чувствительны к влиянию структурной неустойчивости сырьевых компонентов [7]. Более совершенная кристаллическая структура глинистого сырья способствует улучшению его реологических характеристик и стабилизации электролитного состава многокомпонентных масс. Как после гидротермального воздействия, так и в результате обработки силикатными бактериями, у индивидуальных суспензий глин и каолинов с влажностью 60% снижаются значения вязкости, условно-статического и условно-динамического пределов текучести (рис.5, 6).

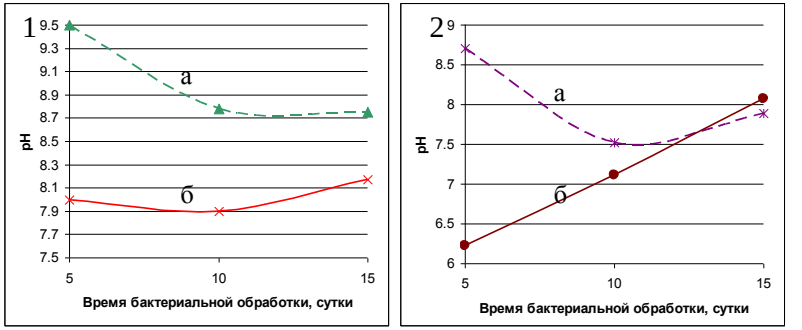


Рис. 4. Изменение значений pH в зависимости от времени выдержки при бактериальной обработке для суспензии на основе:
1 - глины Веско-Керамик, 2 – елениского каолина, где: а – необработанный материал,
б - бактериально обработанное сырье

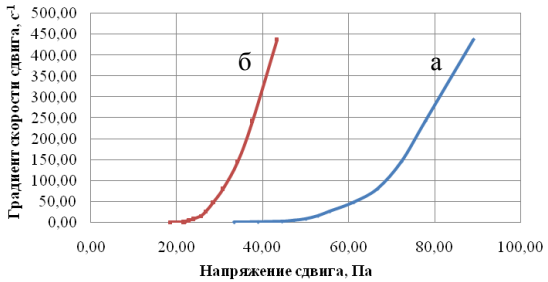


Рис. 5. Изменение напряжения сдвига для шликера на основе глины Веско-Гранитик после гидротермальной обработки: а - необработанный материал, б –обработанный

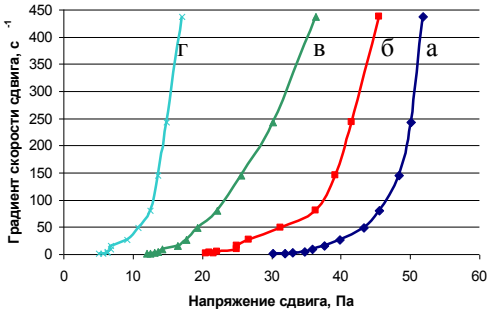


Рис. 6. Изменение напряжения сдвига для шликера на основе глины Веско-Гранитик после бактериальной обработки:
а- необработанный материал, б –обработанный в течении 5 суток, в - обработанный в течении 10 суток,
г - обработанный в течении 15 суток

В технологии санитарной керамики стабилизированное сырье оказывает подобное влияние и на свойства многокомпонентных литьевых масс. Установлено уменьшение коэффициента загустеваемости шликеров и увеличение скорости набора черепка [3, 4]. Кроме этого, использование инновационных методов обработки дает возможность снизить количество вводимых разжижителей, что немаловажно с экономической точки зрения в условиях масштабного производства.

Таким образом, методы направленного формирование структуры глинистого сырья методами гидротермальной и бактериальной обработки могут стать одними из определяющих методов переработки и приведения его характеристик к требованиям технологии полимерных и керамических материалов.

**Исследования проводились в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Совершенствование подготовки сырья при использовании активационных процессов в технологии керамики / Е.И. Евтушенко, О.К. Сыса, И.Ю. Морева, В.И. Бедина, Е.М. Трунов // Стекло и керамика. 2009. № 1. С.15-16

2. Направленное трансформирование минералов в природных каолиновых глинах с целью улучшения их технологических свойств / Э.А. Гойло, А. Б. Кольцов, В.Ф. Сапега, А.Л. Сычкова // XIII Международное совещание по рентгенографии минерального сырья. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ. – 1995. – С. 82–83

3. Особенности модификации глинистого сырья в условиях неравновесной гидротермальной обработки / Е.И. Евтушенко, Н.А. Шаповалов, О.К. Сыса, И.Ю. Морева // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2007. №1. С.71-75

4. Баранов В.В., Вайнберг С.Н. и др. Реологические свойства шликера обработанного бактериями // Стекло и керамика – 1985. – №5. – С.27-20.

5. Влияние микробиологической обработки на технологические свойства глин различного минерального состава / Е.С. Какошко, Е.М. Дятлова, В.А. Бирюк, Н.И. Заяц // Стекло и керамика. 2005. № 6. С. 10-15.

6. Шлыков И.Г. Рентгеновский анализ минерального состава дисперсных грунтов. М.: ГЕОС. 2006. 176с.

7. Пищ И.В., Климош Ю.А., Гапановыч Е.И. Реологические свойства шликеров для производства санитарных керамических изделий//Стекло и керамика. 2006. №8. С.14-16

Жерновой Ф. Е., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Красильникова Е. А., студент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЗАКАЛЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИ МАТИРОВАННЫЕ СТЕКЛА

fedor.zhernovoj@gmail.com

В ходе лабораторно-промышленного эксперимента установлена возможность успешного применения альтернативных технологий изготовления закаленных матовых стекол, отличающихся последовательностью операций механического матирования и термической закалки. Показано, что при выполнении операций в режиме «закалка → механическое матирование» получаются более прочные (на 12–15 %) стекла, чем в режиме «матирование → закалка». Выбор наиболее приемлемой технологии закалки, по-видимому, может быть сделан с учетом особенностей конкретного производства и ассортимента изделий.

Ключевые слова: листовое стекло, *закалка, матирование, пескоструйная обработка, шлифовка, прочность, светопропускание, эффективность*

Закаленное матовое листовое стекло с каждым днем приобретает все большую популярность. Его используют в стеклопакетах, витринах магазинов, при изготовлении офисных перегородок, межкомнатных дверей, стеклянных потолков, полов, лестниц, душевых кабин, мебели и др. Создавая мягкое освещение, такое стекло исключает прямую видимость, оно безопасно, красиво, современно.

Известно множество вариантов матирования стекла и стеклоизделий [1], отличающихся как методами воздействия на стекло, так и теоретическими основами и механизмами потери прозрачности. Для листового стекла наибольшее распространение получили механические способы – шлифование и пескоструйная обработка, приводящие к созданию под воздействием абразивного материала неровной поверхности стекла. При попадании световых лучей на шероховатую отражающую поверхность (причем размеры неровностей превышают длину световой волны) наблюдается диффузное отражение (рассеяние) света – отраженные лучи направлены хаотично относительно друг друга (рис. 1), в результате чего создается непрозрачность, матовость стекла.

Изучая процесс производства матовых закаленных стекол, мы обнаружили, что не существует единого четкого мнения о последовательности выполнения технологических операций механической обработки и закалки, как нет и обстоятельных исследований в этом направлении.

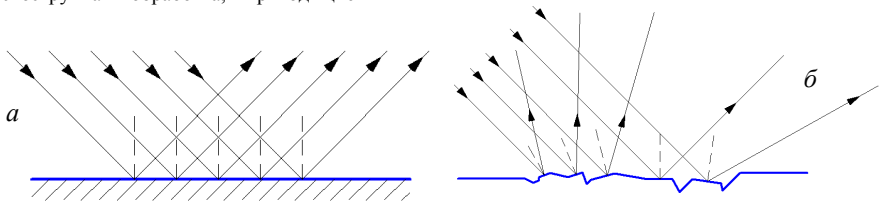


Рис. 1. Зеркальное (*а*) и диффузное (*б*) отражение света от прозрачного и матового стекла соответственно

Согласно классическим представлениям, пескоструйную обработку (шлифовку), как и все остальные виды механической обработки, во избежание разрушения стекла следует производить до закалки [2].

В то же время, многие специалисты считают, что пескоструйная обработка закаленных стекол это один из немногих видов обработки, которому они могут подвергаться, пройдя процесс закалки и, как правило, пескоструйная обработка стекол и зеркал является завершающим этапом оформления поверхностей из стекла. При этом обращают внимание на то, что закаленное стекло нельзя обрабатывать глубоким пескоструем.

Нередки утверждения, что выполнять пескоструйную обработку стекла можно как до, так и после закалки, причем эффективность обеих технологий равнозначна и проверена практикой.

Производители матовых закаленных стекол акцентируют внимание также на следующих нюансах использования альтернативных технологий:

– нередко специалисты отказываются закалять стекло после пескоструйной обработки поверхности, опасаясь его разрушения вследствие роста микротрещин и микросколов, образовавшихся от ударов зерен абразива;

– зачастую, наоборот, предпочитают пескоструйную обработку производить до закалки, так как при закалке шероховатая структура поверхности немного сглаживается и впоследствии не так сильно пачкается и лучше очищается;

– при изготовлении гнутых матовых закаленных стекол существует опасность оплавления шероховатостей, созданных пескоструйной обработкой, в процессе моллирования стекла, и потери необходимого эффекта рассеяния света;

– выбор предпочтительной технологии зависит как от параметров пескоструйной обработки (давление воздуха, тип и размер зерен абразива, глубина слоя), так и характеристик стекла (толщина, габаритные размеры);

– имеет значение также, какое матирование поверхности стекла производится: сплошное, частичное или художественное (узоры, наносимые через трафарет).

Учитывая существующее разнообразие мнений и отсутствие в литературе сведений о целенаправленных обстоятельных исследованиях по рассматриваемому вопросу, была поставлена задача – изучить влияние очередности процессов механического матирования и закалки на прочностные и оптические характеристики стекол (рис. 2)

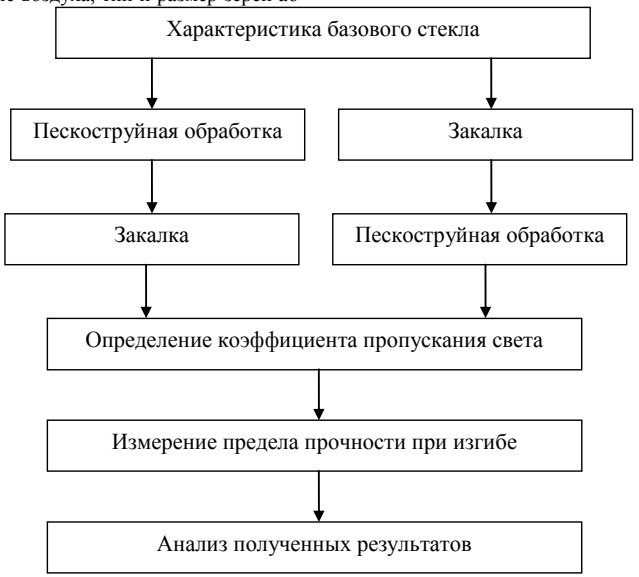


Рис. 2. Блок-схема исследований

В работе использовали бесцветное флоат-стекло («AGC Борский стекольный завод») следующего химического состава, мас. %: SiO_2 – 73; $A1_2O_3$ – 1,5; CaO – 8,5; MgO – 3,2; Na_2O – 13,5; SO_3 – 0,3, с нормативным комплексом физико-механических свойств (табл. 1), в виде пластин размером 120×40×4 мм.

Таблица 1

Свойства полированного флоат стекла (результаты расчета)

Стекло	Свойства					
	ρ, кг/м^3	$\sigma_{изг}$, МПа	E, ГПа	c, кДж/(кг·град)	λ, Вт/(м·град)	α×10^7, град$^{-1}$
Бесцветное листовое	2474,0	85,8	69,4	0,853	0,933	89,2

Закалка стекла представляет собой сложный технологический процесс, эффективность которого во многом зависит от правильности выбора основных параметров: температуры нагрева, времени выдержки и интенсивности охлаждения [3, 4].

Для определения температуры закалки ($t_{зак}$) использовали формулы: $t_{зак} = t_g + 80$ и $t_{зак} = t_9$, где t_g – температура стеклования (соответствует вязкости $10^{12,3}$ Па·с), t_9 – температура, соответствующая вязкости 10^9 Па·с. Температуры стеклования и закалки находили по уравнению температурной

зависимости вязкости Фогеля–Фулчера–Таммана (ФФТ), выведенному на основе химического состава стекла и метода расчета вязкости Охотина [5]:

$$\lg\eta = -3{,}03 + \frac{5005}{t - 220{,}3};\ t = 220{,}3 + \frac{5005}{\lg\eta + 3{,}03}.$$

Закалка стекол осуществлялась на установке вертикально-щелевого типа ООО ПСО «Белплекс» при следующих параметрах процесса: температура нагрева плоского стекла (635±5)°С (температура печи по газовому пространству 680°С), время выдержки – 4 мин, давление воздуха при обдуве 6 кПа.

1-я схема экспериментов «закалка → шлифовка»

Стекла закалили по указанному режиму. Прочность закаленных стекол при центральном симметричном изгибе изменялась от 310 до 340 МПа (прочность исходных базовых отожженных стекол изменялась в диапазоне от 48 до 60 МПа). Коэффициент общего светопропускания прозрачных стекол толщиной 4 мм составляет 0,86.

Закаленные стекла подвергли механической шлифовке в лабораторных условиях двумя абразивами: песок фракции <0,4 мм и фракции 0,4÷0,8 мм (пескоструйную обработку заменили шлифовкой по причине отсутствия оборудования). Несмотря на априорные предположения относительно разрушения закаленных стекол в процессе механической обработки, ни один образец не разрушился. Шлифовка позволила создать на закаленных стеклах равномерно-матовые светорассеивающие поверхности. Более ровная, качественная, шелковистая поверхность образовалась при использовании мелкого абразива.

2-я схема экспериментов «шлифовка → закалка»

Образцы стекол вначале подвергли шлифовке двумя фракциями песка, затем закалили в условиях ООО ПСО «Белплекс». Разрушения стекол при закалке не отмечалось.

Далее все образцы, прошедшие закалку и матирование по двум альтернативным экспериментальным схемам, были подвергнуты испытаниям (табл. 2):

− определение общего светопропускания на приборе ПОС-1;

− определение предела прочности при центральном симметричном изгибе на разрывной машине R-0,5;

− микроскопическое исследование качества шлифованной поверхности.

Таблица 2

Результаты испытаний закаленных матированных стекол (в таблице представлены среднестатистические значения свойств)

Стекло	Размер абразива, мм	Коэффициент пропускания света, %	Снижение пропускания света, %	Прочность при изгибе, МПа	Потеря прочности, %
Закаленное прозрачное	–	86,0	–	322	–
Схема обработки «закалка → шлифовка»					
Закаленное матовое	<4	66,7	22,4	272,0	15,5
	0,4÷0,8	56,3	34,5	263,0	18,3
Схема обработки «шлифовка → закалка»					
Закаленное матовое	<4	64,0	25,6	236,0	26,7
	0,4÷0,8	54,0	37,2	220,0	31,7

Визуальный сравнительный анализ качества поверхности матовых закаленных стекол, полученных по альтернативным технологиям, существенных различий не выявил.

Светопропускание стекол в значительной мере зависело от размера зерен абразива, снижаясь на 22–26% при обработке песком фракции <0,4 мм и на 34–37% песком фракции 0,4÷0,8 мм. Очередность стадий пескоструйной обработки и закалки заметного влияния на величину светопропускание не оказывала.

Прочность при изгибе закаленных матированных стекол на 15–30% ниже прочности закаленного прозрачного стекла и весьма существенно зависит как от крупности абразива, так и от порядка выполнения технологических операций (см. табл. 2 и рис. 3).

Естественно, шлифовка абразивом с более крупными зернами приводит к большему снижению прочности, так как в результате ударно-вибрационного воздействия формируется шероховатая поверхность с большей глубиной сколов, выколок и микротрещин.

Обращают на себя внимание следующие результаты исследований:

– ни один образец закаленного стекла в процессе шлифовки, как мелким, так и более крупным абразивом не разрушился;

– изготовленные по общепринятой схеме «шлифовка → закалка» матовые стекла имели

прочность при изгибе на 12–16% ниже прочности стекол, полученных по схеме «закалка → шлифовка». По-видимому, наличие на стекле одной шлифованной (непрозрачной) поверхности, имеющей иные коэффициенты теплопоглощения и теплоотдачи (в сравнении с прозрачной поверхностью стекла) затрудняет процесс формирования закалочных напряжений и приводит к их снижению, то есть при одних и тех же параметрах режима степень закалки прозрачного стекла, всегда выше, чем матового со шлифованной поверхностью. С другой стороны, в процессе закалочной термообработки матового стекла определенное развитие получают микротрещины, образовавшиеся на этапе шлифовки, они не достигают критических размеров, однако снижают прочность матового стекла, полученного по схеме «шлифовка → закалка».

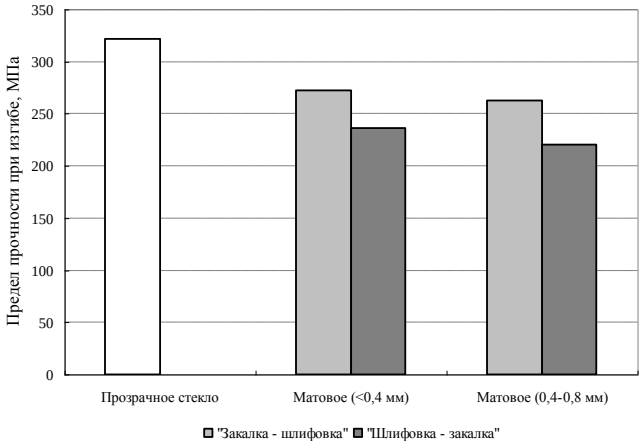


Рис. 3. Зависимость прочности при изгибе матовых закаленных стекол от крупности зерен абразива и схемы матирования

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

− матирование стекол способом пескоструйной обработки (шлифовки) можно при необходимости проводить как до, так и после закалки, так как этот вид механической обработки не приводит к разрушению закаленных стекол; исключение составляет «глубокая» механическая обработка с применением крупного абразива;

− внешний вид и показатели степени рассеяния света стекол, полученных по альтернативным технологиям, существенно не различаются;

− предел прочности при изгибе стекол, матированных после закалки выше, чем закаленных после матирования, разница достигает 15%;

− с целью повышения степени достоверности и надежности полученных результатов эксперименты следует повторить в заводских условиях на образцах больших размеров, с применением аппарата для пескоструйной обработки стекла.

Учитывая возможность успешной реализации любой из рассматриваемых технологий получения закаленных матовых стекол, производители могут выбирать наиболее удобную, обосновывая и согласуя свой выбор с возможностями производства, ассортиментом стекол и видом матовости (сплошная, узорчатая), пожеланиями заказчиков и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матирование – современный способ декорирования стеклоизделий/ Н.И. Минько, В.С. Бессмертный, В.А. Панасенко, С.В. Семененко, С.Н. Зубенко, Н.И. Волошко// Стекло и керамика. 2003. №6. С. 3–5.

2. Шабанов А. Г. Методика прогнозирования разрушения стекла при закалке/ А. Г. Шабанов, А. И. Шутов, В. П. Марков// Стекло и керамика. 1991. №8. С. 10–12.

3. Шутов А. И. Модель закалки листового стекла / А. И. Шутов, С. В. Алексеев, Т. В. Яшуркаев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. №10. С. 329–331.

4. Мазурин О.В. Отжиг и закалка стекла : учебное пособие / О. В. Мазурин, Ю. Л. Белоусов. М.: МИСИ, 1984. 114 с.

5. Мазурин О.В. Расчет вязкости стекол : учеб. пособие / О. В. Мазурин, Г. П. Николина, М. Л. Петровская. Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1988. – 46 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сосинская С. С., канд. техн. наук, доц.,
Нгуен Данг Минь, аспирант
Иркутский государственный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ MEX-ФАЙЛОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ СЕТЕЙ В СРЕДЕ MATLAB

soldier.85@mail.ru

Рассматривается способ создания внешних программ, написанных на языке программирования C++. Приводятся результаты вычислительных экспериментов при реализации программы параллельного обучения адаптивной нейро-нечеткой сети с использованием MEX-файла. Проводится сравнение эффективности с программой, написанной на языке MATLAB.

Ключевые слова: *MEX–файл, гибридная сеть, алгоритм обучения, алгоритм параллельного обучения.*

Введение

MATLAB является высоко производительной средой, написание и отладка программ в этой среде обычно занимает значительно меньше времени, чем на обычных языках программирования, таких как C, C + + или Fortran.

Однако, довольно часто эффективность подобных программ оставляет желать лучшего. Как правило, подобная ситуация возникает, когда алгоритм плохо векторизуется, например, при обработке матриц нельзя выразить этот алгоритм, пользуясь векторными операторами языка MATLAB, и приходится писать вложенные циклы, перераспределять память и т.п. В этом случае программа на языке C будет исполняться во много раз быстрее аналогичной программы на языке MATLAB. Это весьма важно, если время счета математической задачи исчисляется часами или сутками.[6]

Существует несколько способов взаимодействия системы MATLAB с внешними программами, один из них состоит в написании модуля, расширяющего набор функций MATLAB на языках программирования C/C++, Fortran.

Основный алгоритм обучения адаптивной системы нейро-нечеткого вывода (ANFIS) в пакете FuzzyLogicToolbox написан на языке C++ для повышения эффективности вычислений. Но как правило, обучение нейронных сетей требует значительных временных затрат для выполнения большого количества итераций и корректировки весов сетей. Решением является использование технологии параллельнных вычислений при обучении сети, что значительно снижает затраты времени.

В статье описывается создание MEX - файлов, написанных на языке программирования C. Приводится экспериментальная оценка эффективности применения MEX-файлов для параллельного обучения ANFIS.

Метод обратного распространения ошибки для обучения гибридной сети

Метод обратного распространения ошибки (backpropagation) - один из самых распространенных методов обучения сети. Это градиентный алгоритм обучения, который используется с целью минимизации среднеквадратичного отклонения целевого значения выходной переменной от желаемого значения выходной переменной многослойных нейронных сетей [4].

Алгоритм действует итеративно. Во время каждой итерации на вход сети подаются все объекты обучающей выборки, выходные значения сети сравниваются с целевыми значениями и вычисляется ошибка. Значение ошибки используется для корректировки весов, после чего все действия повторяются.

Пусть $y^i_{вых}$ является выходным значением сети для *i*-го объекта обучающей выборки, y^i является целевым значением *i*-го объекта, частное квадратичное отклонение вычисляется по формуле:

$$E_i = \left(y^i - y^i_{вых}\right)^2.$$

Вычисляемый сигнал ошибки распространяется обратно по сети и используется для вычисления градиента параметров сети.

Вектор частного градиента

$$g^i(b) = \left(\frac{dE_i}{db_1}, \frac{dE_i}{db_2}, \cdots, \frac{dE_i}{db_M}\right)^T,$$

где $b_1, b_2, \cdots, b_M$ - параметры сети.

Среднее отклонение $E_{ср}$ (значение невязки) и вектор градиента $g(b)$ вычисляются по формулам:

$$E_{ср} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N} E_i\right) \Big/ N},$$

$$g(b) = \sum_{i=1}^{N} g^i(b),$$

где: *N* – объем обучающей выборки.

Градиент поверхности ошибок L является модулем вектора $g(b)$.

Пусть S является шагом обучения или коэффициентом скорости обучения (на практике часто выбирают начальное значение S = 0.01), тогда параметры сети пересчитываются по формуле:

$$b_j = b_j - S \times \frac{W_j}{L},$$

где $W_j = \sum_{i=1}^{N} \frac{dE_i}{db_j}$, $j = 1,2,\cdots,M$.

После каждой итерации обучения сети коэффициент обучения S корректируется, если $\left(E^i_{ср} < E^{i-1}_{ср} < E^{i-2}_{ср} < E^{i-3}_{ср} < E^{i-4}_{ср}\right)$то S увеличивается (умножается на 1.1), а если $\left(E^i_{ср} > E^{i-1}_{ср}\right)$; $\left(E^{i-1}_{ср} < E^{i-2}_{ср}\right)$; $\left(E^{i-2}_{ср} > E^{i-3}_{ср}\right)$; $\left(E^{i-3}_{ср} < E^{i-4}_{ср}\right)$, S уменьшается (умножается на 0.9).

Программную реализацию алгоритма обучения адаптивной нейро-нечеткой сети можно представить в виде набора взаимосвязанных этапов:

- Вычисление частных квадратичных ошибок E_i,
- Вычисление частных градиентов $g^i(b)$,
- Вычисление среднего отклонения $E_{ср}$, вектора градиента $g(b)$и обновление параметров b_j,
- Корректировка коэффициента обучения S.

При обучении сети основное время тратится на вычисление частных квадратичных ошибок E_i и частных градиентов $g^i(b)$, поэтому эти значения можно вычислять с помощью алгоритма параллельного вычисления.

Рассмотрим способ создания MEX - файлов, написанных на языке C/C++ и используемых для вычисления E_i и $g^i(b)$.

Создание MEX- файлов из языка программирования C/C++.

В документации по системе MATLAB для подобных расширений употребляется термин MEX-файл (MatlabEXtension), и сама MATLAB по этому расширению имени файла может определить, что данный модуль является ее расширением. Создание MEX–файлов на входном языке компилятора позволяет максимально использовать производительность компьютера, так как есть возможность написать наиболее оптимальный код.

Для создания MEX–файлов на входном языке компилятора необходим непосредственно ANSI C/C++ компилятор, VisualStudio 2008 или компилятор, встроенный в среду MATLAB. С целью компиляции в среде MATLAB при его установке выбирается дополнительная компонента MATLAB Compiler.

Двоичный MEX-файл создается с помощью сценария сборки *.mex*, который компилирует и соединяет исходные файлы в разделяемую библиотеку, его можно запустить в командной строке MATLAB, так же, как любую функцию MATLAB.

MEX-файл состоит из:

- *интерфейсной функции* − интерфейсы C / C + + и данных MATLAB,
- *вычислительных процедур* – они написаны на C / C ++ и выполняют вычисления, которые необходимо реализовать в двоичным MEX-файле,
- *макросов препроцессора* − для создания независимого от платформы кода[5].

Следующая диаграмма показывает, как задавать входные данные для MEX-файлов, какие функции выполняются, и как выходные данные передаются в MATLAB.

Прототип интерфейсной функции объявляется в заголовочном файле \matlab\extern \include\mex.h следующим образом:

*void**mexFunction**(*
*intnlhs, mxArray *plhs[],*
*intnrhs, constmxArray *prhs[]){/* дальнейшийкодна C/C++ ... */ }*

Название интерфейсной функции должно быть *mexFunction*; она должна содержать параметры *prhs, nrhs, plhs* и *nlhs,* имеющие следующее назначение:

prhs, plhs - массивы указателей на входные, выходные параметры,

nrhs, nlhs - количества входных, выходных параметров.

Параметры *prhs*и *plhs* имеют структуру *mxArray.*

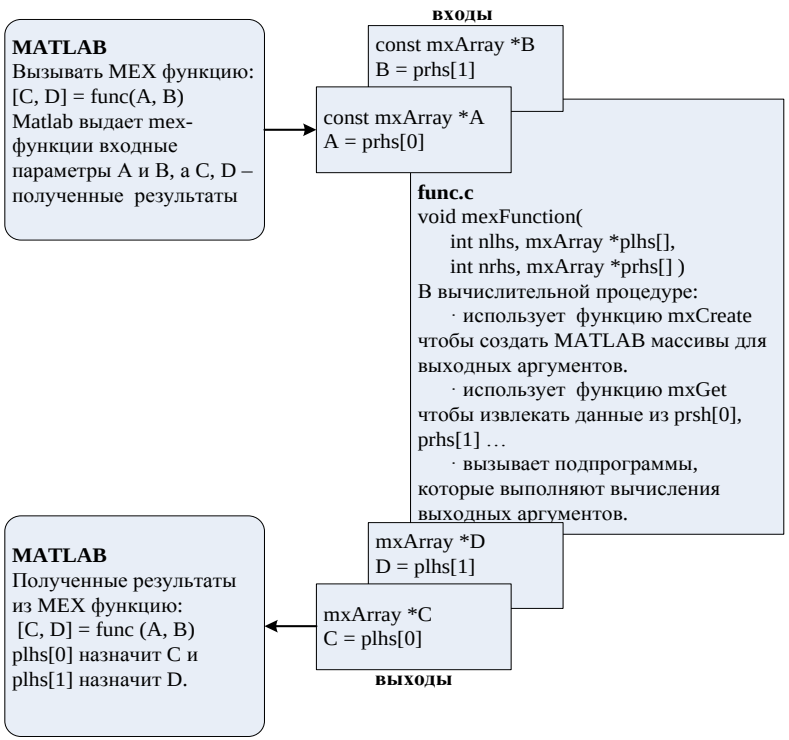


Рис. 1. Цикл MEX диаграммы

Автором написана функция Panfis.c для вычисления вектора градиентов и сумм частных квадратичных отклонений. На входе первый параметр был полем *fismat*, хранящим описание структуры сети, второй параметр является множеством обучающих выборок *trn_data*. Вызываемые функции написаны на языке C++, некоторые функции вызываются из пакета MATLAB FuzzyLogicToolbox.

Результат компиляции MEX-файла можно запускать в среде MATLAB. Для этого необходимо ввести следующую строку :*[E, g] = Panfis(fismat, trn_data);*

MEX-файл *Panfis.mexw64* можно использовать для реализации параллельного обучения сети. Алгоритм параллельного обучения гибридных нейро-нечетких сетей описан в статье [3].

Средства для реализации параллельных вычислений в MATLAB

В связи с необходимостью решения сложных вычислительных задач в параллельной среде, в сентябре 2010 г. компания MathWorks выпустила MATLAB DistributedComputingServer 5.0 (DCS), позволяющий выполнять алгоритмы, реализованные в среде MATLAB, на объединенных в сеть компьютерах. Для этого пользователь MATLAB должен создать набор задач (tasks), объединить их в задание (job) и передать задание для выполнения планировщику - менеджеру заданий (jobmanager), который является частью DCS. Менеджер заданий выполняет задания из очереди, распределяя содержащиеся в них задачи по известным ему процессам – исполнителям [1, 2].

Экспериментальная оценка эффективности

Для проведения экспериментов был использован локальный кластер, созданный на ноутбуках Alienware R2 и R3, имеющих следующие характеристики:

- Процессоры Intel Core i7 - 2720 - 2.2 Гц.
- Оперативная память 8Гб.
- Операционная система Window8 64-bit.
- Локальная сеть Ethernet со скоростью передачи 1Gb/s.

На каждом ноутбуке находится MATLAB версии 2010b с пакетом DistributedComputingServer 5.0 и VisualStudio 2008.

В данной работе исследуется эффективность параллельного обучения ANFIS для классификации втулок, которые имеют максимальные диаметры и высоты меньше 30 миллиметров, класс детали определен в соответствии с положениями, приведенными в [7, 8]: детали, характеризующиеся определенном соотношением высоты и максимального диаметра, попадут в определенный класс по технологии их обработки. Поэтому можно предположить наличие 5 классов для определенного соотношения высоты и диаметра, то есть 5 значений выходной величины в системе нечеткого вывода. Случайным образом были сгенерировано множество обучающих примеров в количестве 3000 объектов.

На рисунке 2 показана зависимость временных затрат от числа процессов при параллельном обучении гибридной сети с использованием MEX-файла. Сеть обучена после 1000 итераций для генерирования системы нечеткого вывода, имеющей две входные лингвистические переменные, каждая из которых содержит по пять термов, тип функций принадлежности - пи-подобные.

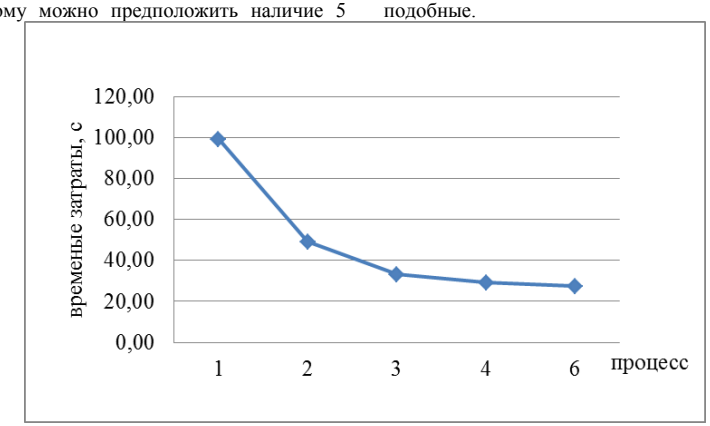


Рис. 2. Зависимость времени обучения от количества процессов

Ранее был описан алгоритм обучения адаптивной системы нейро-нечеткого вывода с использованием технологий параллельных вычислений [3].

На рисунке 3 показан график зависимости времени обучения ANFIS от количества итераций, в этом случае программа написал на языке MATLAB, характеристики сети одной и той же сети, обучающейся с использованием MEX-файла. Число объектов обучающей выборки 3000, число процессов постояно равно 6.

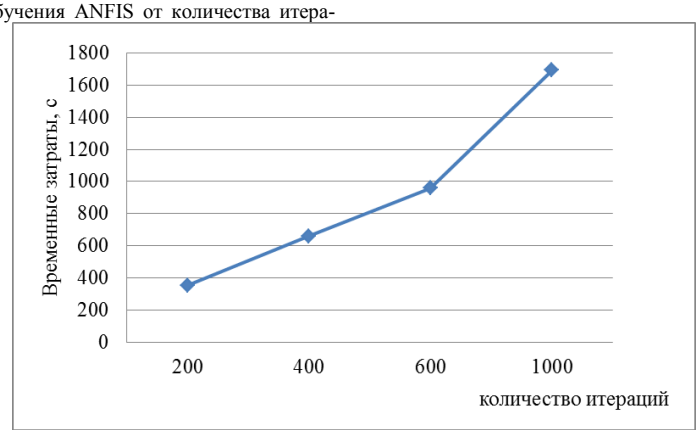


Рис. 3. Зависимость временных затрат от количества итераций

Из графиков видно, что алгоритм обучения ANFIS с использованием MEX-файлов эффективнее. При обучении на однойи той же сети на одном множестве данных в одинаковых условиях, программа, написанная с использованием MEX-файла, работает более в 60 раз быстрее, чем программа, написанная только средствами MATLAB.

Заключение

Рассмотрен способ создания MEX-файлов, написанных на языке программирования C++. Проведены эксперименты по применению созданного файла для реализации программы параллельного обучения гибридных сетей. На основе проделанных экспериментов можно сделать вывод, что использование MEX-файла является более эффективным, так как при обработке матриц программа на языке C исполняется во много раз быстрее аналогичной программы на языке MATLAB.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. MATLAB® Distributed Computing Server™ System Administrator's Guide.

2. Parallel Computing Toolbox™ User's Guide.

3. НгуенДангМинь. Технология распределенных и параллельных вычислений для повышения эффективности обучения адаптивной нейро-нечеткой сети // Вестник ИрГТУ. № 5. 2013. С. 12 – 16.

4. S. Suresh, S. N. Omkar and V. Mani. Parallel implementation of back-propagation algorithm in networks of workstations // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, pp. 24-34, 2005.

5. MATLAB User's Guide.

6. Написание расширений Matlab на языке C. URL: http://www.butovo.com/~zss/matlab/5/2.htm

7. Митрофанов С.П. Научная организация серийного производства. - Изд-во «Машиностроение», 1970. 768 стр.

8. Митрофанов С.П. Групповая технология изготовления заготовок серийного производства. Л.: Машиностроение, Лелингр. отд-ние, 1985. 240 с.

Плаксицкий А. Б., канд. физ.-мат. наук,
Калач А. В., д-р хим. наук, доц.,
Исаев А. А., аспирант
Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

ИНФОРМАЦИОННО-ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

pab13@mail.ru

В работе приведены результаты исследований анализа пожарной опасности легковоспламеняющихся жидкостей, установлена зависимость между параметрами предложена методология определения уровня пожарной опасности и эксплуатационных свойств растворителей.

Ключевые слова: *Легковоспламеняющиеся жидкости, информационно-экспертная система.*

Любая информационная система (ИС) есть совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей надлежащей информацией. ИС должна включать в себя базы данных (БД), систему управления базами данных (СУБД) и прикладные программы для решения задач в конкретной предметной области.

По характеру обработки данных ИС делятся на информационно-справочные, или информационно-поисковые (ИПС), в которых нет сложных алгоритмов обработки данных, а целью ИС является поиск и выдача информации в удобном виде; ИПС обработки данных, или решающие ИПС, в которых данные подвергаются обработке по сложным алгоритмам. К таким системам в первую очередь относят автоматизированные системы управления и системы поддержки принятия решений (СППР).

Большое внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности различных объектов, использующих легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), а так же их смеси: на химических производствах, в цеховых и других лабораториях. Как показано в работах [1-3], температура вспышки таких смесей является величиной неаддитивной и для рабочих составов, содержащих небольшое количество воды, или небольшое количество менее пожаровзрывоопасного модификатора, она лимитируется концентрацией наиболее летучего ЛВЖ.

Целью работы является создание информационно-экспертной системы для анализа пожарной опасности жидкостей.

Для количественной оценки характеристик общей безопасности и технического качества жидкостей используется обобщенный критерий, который рассчитывается по формуле:

$$R_E = \sum_{i=1}^{m} a_i (x_i^s / x_i^w), \qquad (1)$$

где R_E– значение критерия для s-го варианта (объекта, процесса, решения), a_i - коэффициент веса для i-го показателя, x_i^s – величина i-го показателя для s-го варианта объекта, x_i^w – нормирующее значение для i-го показателя (свойства гипотетического объекта, имеющего оптимальное значение i-го показателя), m – количество показателей. В качестве нормирующего значения для i-го параметра x_i^w в уравнении (1) на основе экспертного заключения берут оптимальные значения параметров, характерные для некоторых объектов из анализируемой выборки. Применение обобщенных критериев, поученных из выражений типа (1), позволяет с помощью типового программного обеспечения проводить выборку объектов из БД и количественно их сопоставлять при заданных нормирующих значениях параметров и весовых коэффициентах.

Второй алгоритм рейтинга растворителей основан на применении обобщенных целевых функций. Их применение возможно, если известны функциональные зависимости «свойство – вариант (объект, процесс)»:

$$F_{об} = \sum_{k=1}^{S} \alpha_k \frac{F_k}{F_k^{норм}} \to \max, \qquad (2)$$

где F_k – k-ая целевая функция, $F_k^{норм}$ - нормирующее значение k-ой целевой функции, S – число составляющих целевых функций, α_k - коэффициент веса k-ой целевой функции. При этом перед составляющими целевой функции, которые максимизируются, ставится знак плюс, перед минимизируемыми – минус. Из (2) следует, что для формирования обобщенной целевой функции необходимо знать α_k и $F_k^{норм}$. Значения $F_k^{норм} = F_k^{\max}$, если имеют дело с максимизацией k-ой составляющей целевой функции, а при ее минимизации $F_k^{норм} = F_k^{\min}$. Весовые коэффициенты определяются экспертным путем, согласованность экспертных оценок устанавли-

вается по коэффициентам конкордации или вариабельности.

Для составления рейтинга растворителей необходимо знать давление насыщенных паров, интенсивность испарения растворителя, избыточное давление взрыва для паров ЛВЖ.

Для определения интенсивности испарения растворителя (***W***) необходимо знание давлений их насыщенных паров при заданной температуре. Значения $P_{нас}$ можно рассчитать по уравнению Антуана:

$$lgP_{í àñ} = À - \frac{Â}{Ñ + T}, \quad (3)$$

где *A*, *B* и *C* – константы [1]

Интенсивность испарения (***W***) и массы жидкости, перешедшей в паровую фазу, (***m***) для всех сольвентов определяется следующими соотношениями

$$W = 10^{-6} \cdot \eta\sqrt{M} \cdot P_{í àñ}, \quad (4)$$

$$ò_{ï àð} = WF_{ò} T, \quad (5)$$

где *M* – молекулярная масса растворителя, η – коэффициент, учитывающий скорость и температуру воздушного потока над поверхностью испарения, η = 1,6

Избыточное давление взрыва для паров ЛВЖ по формулам:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н}, \quad (6)$$

$$\Delta P = \frac{m\Delta H_{гор} P_0 Z}{V_{св}\rho_в C_p T_0} \cdot \frac{1}{K_н}, \quad (7)$$

где P_{max} — максимальное *P* взрыва стехиометрической паровоздушной смеси в замкнутом объеме; P_0 — начальное давление, кПа; *m* — масса паров ЛВЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг; *Z* — коэффициент участия горючего во взрыве; *V* — свободный объем помещения, м^3; ρ — плотность пара при расчетной температуре; *C* — стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ, % (об.); *K* — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения, получим, что при испарении 1 кг ацетонитрила или гексана в помещении с *S*=20 м^2 при возникновении аварийной ситуации может создаваться избыточное давление >5 кПа, что позволяет отнести такие помещения к категории пожаровзрывоопасных, для понижения категории помещения до пожароопасного целесообразно увеличить площадь помещения до 40 м^2 при высоте 3 м. Как показали исследования зависимости $T_{ВСП}$ водно-органических смесей от объемной доли воды (φ_1) температура вспышки описывается полиномом 3-й степени (рис. 1): $T_{ВСП.}=a\varphi_1^3+b\varphi_1^2+c\varphi_1+d$, где коэффициент *d* равен $T_{ВСП}$ модификатора. Для менее летучих и менее горючих модификаторов, чем ТГФ, наблюдается тенденция образования *S*-образных зависимостей: заметный рост $T_{ВСП}$ с увеличением доли воды до 0,2, слабый рост до 0,4 (40%) и последующее резкое возрастание при φ_1>0,4. Как показали исследования влияния состава бинарных органических смесей из гексана и активных модификаторов на $T_{ВСП}$ в открытом тигле. Эти смеси, с содержанием гексана φ_1>0,5, применяются в нормально-фазовой

хроматографии и жидкостной экстракции гидрофобных соединений. Найдено, что зависимость $T_{ВСП}$ от состава этих смесей также адекватно описывается полиномом третьей степени (рис. 2), где φ_1 – объемная доля гексана. Найдено, что смеси по пожарной опасности при концентрации гексана φ_1>0,5 близки к чистому гексану. Только для системы гексан—ТГФ зависимость $T_{ВСП}=f(\varphi_1)$ проходит через максимум ($T_{ВСП}$ = –15 °С) в области близкой эквиобъемному составу φ_1=0,4-0,5. Для смеси гексан – ТГФ в этой области характерно явление азеотропии, когда состав жидкой и парообразной фазы одинаков и смесь кипит при температуре, ниже $T_{КИП}$ чистых компонентов (63 °С), а значит парциальное давление паров обоих растворителей соизмеримо и достаточно высоко.

Между поверхностным натяжением и $T_{ВСП}$ смешанных сольвентов установлена значимая линейная корреляция (R>0,80) (рис. 3), т.е. наблюдается тренд, чем выше поверхностное натяжение, тем выше $T_{ВСП}$. Между $T_{КИП}$ и $T_{ВСП}$, между поверхностным натяжением и $T_{ВСП}$ смешанных сольвентов значимых корреляций не обнаружили, можно говорить лишь о тенденции: чем больше натяжение, тем выше $T_{КИП}$. Для индивидуальных растворителей значимая корреляция как $T_{ВСП}$ от поверхностного натяжения (R=0,75), так и между $T_{КИП}$ и $T_{ВСП}$ (R=0,87) есть (рис. 4). Это говорит о том, что в смешанных растворителях неаддитивно изменяются свойства от состава, а на границе раздела фаз «жидкость – воздух» может наблюдаться градиент концентраций, т.е. более поверхностно активные вещества концентрируются на межфазной границе. Таким образом, $T_{ВСП}$ вспышки лимитируется, прежде всего, наличием и концентрацией в сольвенте наиболее пожароопасного компонента.

Проведенные исследования позволили предложить методологию определения уровня пожарной опасности и эксплуатационных свойств растворителей. Так, достаточно высокая температура кипения ЛВЖ позволяет предотвратить образование паровых пузырей, мешающих работе техники, изменение состава смеси

из-за испарения низкокипящего компонента а так же образование токсичных паров и пожаровзрывоопасных воздушных смесей. Достаточно высокая температура вспышки, а так же высокая температура самовоспламенения позволяют говорить о безопасном использовании и т.д.

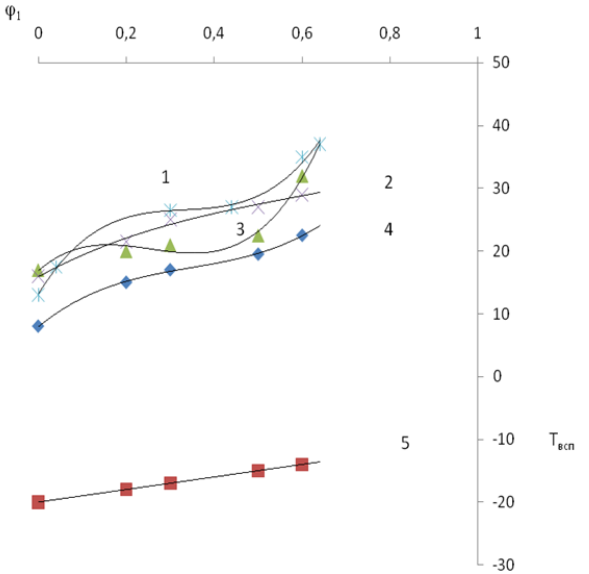


Рис. 1. Зависимость $T_{ВСП}$ смесей «органический растворитель – вода» от объемной доли воды:
1 – этанол; 2 – изопропанол; диоксан;4 – ацетонитрил; 5 – ТГФ

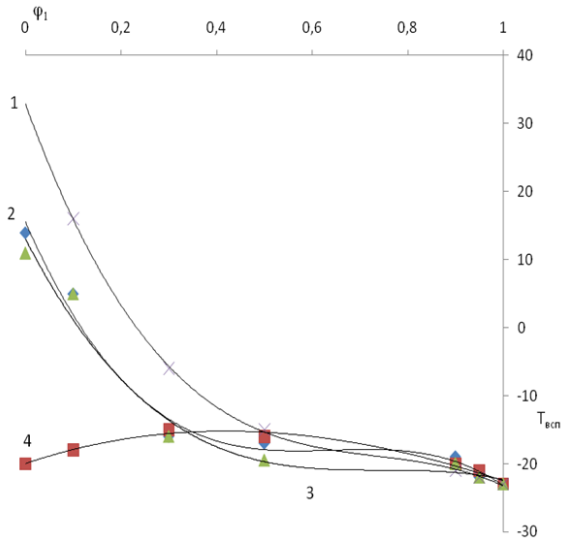


Рис. 2. Зависимость $T_{ВСП}$ смесей «органический растворитель – гексан» от объемной доли гексана:
1 – хлороформ;2 – изопропанол;3 – диоксан;4 – ТГФ

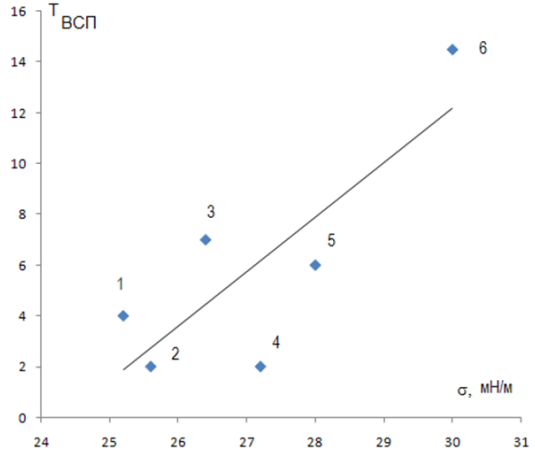


Рис.3. Зависимость $T_{ВСП}$ (C°) от поверхностного натяжения (σ) в открытом тигле:
1 - Растворитель Р-4; 2 - Разжижитель Р-5; 3 - Растворитель 645; 4 - Растворитель Р – 10;5 - Разбавитель РДВ; 6 - Растворитель РС-1

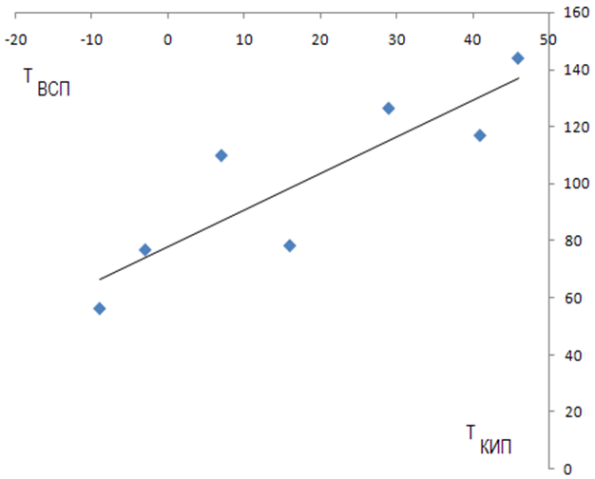


Рис. 4. Зависимость $T_{ВСП}$ от $T_{КИП}$ индивидуальных растворителей

Разрабатываемая ИЭС может быть полезна в рейтинговой оценке пожаровзрывоопасности технических жидкостей, растворителей, разжижителей, применяемых в бытовой химии, на химических производствах, в цеховых и других лабораториях, в оценке категорийности помещений по пожаровзрывобезопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О взрывопожароопасности водочной продукции/ С. Г. Алексеев, Н. М. Барбин, А. С. Авдеев, А. В. Пищальников // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 18, № 2. – С. 20-23.

2. О пожароопасности водных растворов этанола/ С. Г. Алексеев, А. В. Пищальников, И. А. Левковец, Н. М. Барбин // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19, № 5. – С. 31-33.

3. Рудаков О. Б. Пожарная опасность водорастворимых растворителей и их водных растворов / О. Б. Рудаков, А. В. Калач, Н. В. Бердникова // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 31-32.

Важинский С. Э., канд. техн. наук, доц.,
Чуб И. А., д-р техн. наук, доц.,
Попов В. М., канд. техн. наук, доц.
Национального университета гражданской защиты Украины

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

igorchub1959@gmail.com

Предлагается модель системы мониторинга в составе системы техногенной безопасности региона, в составе которой используется геоинформационная система, позволяющая оперативно прогнозировать развитие ситуации с учетом пространственных данных, обеспечивать управление риском возможных ЧС.

Описывается состав и структура предлагаемой геоинформационной системы, особенности функционирования отдельных блоков. Предлагаемая геоинформационная система имеет иерархическую структуру и состоит из 3 уровней. Дается характеристика картографической базы системы.

Ключевые слова: *системы мониторинга, техногенная безопасность региона, геоинформационная система, управление риском чрезвычайных ситуаций.*

Основной задачей системы мониторинга техногенной безопасности региона является получение оперативной информации о состоянии объектов, в первую очередь – потенциально опасных объектов (ПОО) и территорий региона для предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также оценки масштабов и последствий возникших ЧС. Кроме того, в рамках реализации «Положения о мониторинге потенциально опасных объектов» [1] уделяется особое внимание вопросам, связанным с анализом, моделированием и прогнозированием ЧС и аварий на ПОО. В соответствии с Приказом МЧС Украины № 338 от 18.12.2000 г. «Об утверждении Положения о паспортизации потенциально опасных объектов» [2], для создания общегосударственного реестра ПОО осуществляется их паспортизация, устанавливающая совокупность качественных и количественных параметров ПОО, которые влияют или могут влиять на их потенциальную опасность. Исходя из требований ДНАОП 0.00-4.33–99 [3] на ПОО необходимо разрабатывать планы локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий (ПЛАС), содержащие анализ опасностей, возможных аварий и их последствий.

Для осуществления оперативного контроля за состоянием ПОО региона и решения задач по прогнозированию последствий ЧС, паспортизации ПОО, а также проведения экспертизы документации по ПЛАС возникает необходимость разработки в рамках системы мониторинга техногенной безопасности (ТБ) региона расчетно-аналитической системы, выполняющей следующие основные задачи:

- информационная поддержка работ, выполняемых в целях подготовки и реализации мер по обеспечению безопасного функционирования ПОО;
- сбор, обработка, хранение и передача информации о параметрах состояния ПОО и других необходимых данных;
- прогнозирование угроз для ПОО и динамики изменения их состояния под влиянием природных, техногенных и других факторов.

Анализ деятельности Главного управления Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС Украины) Харьковской области выявил наличие разрозненных пространственных и атрибутивных данных о ПОО области. Государственными экологическими, санэпидемиологическими и гидрометеорологическими структурами области проводится регулярный или периодический контроль состояния окружающей среды в зонах влияния различных ПОО. Отсутствие системных связей между этими материалами не позволяет использовать их в качестве инструмента информационной поддержки мероприятий по предупреждению ЧС на ПОО.

Основными недостатками, влияющими на качество получаемой информации, являются [4]: разобщённость и методическая несовместимость различных служб; дублирование работ различными ведомствами и исполнителями различных уровней; значительное отставание в оснащении специализированных лабораторий и постов наблюдения современным приборным оборудованием; слабая степень автоматизации процессов получения, передачи, обработки, хранения и доведения информации до потребителя; отсутствие алгоритмов комплексной обработки данных, адекватных моделей оценки текущего уровня техногенной безопасности региона и

прогноза её динамики. Поэтому предлагается объединить имеющиеся информационные ресурсы в геоинформационную систему (ГИС), дополнив её необходимыми элементами детализации и визуализации обстановки на объектах.

Средства моделирования, интегрированные в ГИС-пакеты, позволяют оперативно прогнозировать развитие ситуации с учетом пространственных данных и обеспечивать управление риском возможных ЧС, а цифровая карта является удобным средством визуализации расчетных и статистических данных и служит неотъемлемой составляющей при принятии управленческих решений.

При принятии управленческих решений важным критерием является оценка рисков [5, 6]. Основным преимуществом оценки риска с применением ГИС-технологий является автоматизация наиболее трудоемких этапов решения и наглядное представление зон и уровней риска.

Для комплексного решения задач управления рисками ЧС необходима совместимость разных информационно-аналитических уровней и возможность их взаимодействия. Необходимо, чтобы специалисты по управлению ЧС на местах (местный уровень) обладали всей полнотой информации об ПОО в пределах своей территории, а специалисты более высокого уровня управления (областной) имели возможность обмениваться информациею с местным уровнем в режиме реального времени. Это может быть достижимо только при использовании общей масштабируемой программной технологии работы с пространственными данными, а также на основе единых стандартов представления пространственной и описательной информации, т.е. при создании единого геоинформационного пространства в системе управления рисками, предупреждения и ликвидации ЧС.

В Украине одним из важных шагов в направлении комплексного решения задач управления рисками ЧС стало создание Правительственной информационно-аналитической системы по чрезвычайным ситуациям (ПИАС ЧС). Система призвана обеспечить межведомственное информационное взаимодействие и аналитическую поддержку принятия решений на основе современных методов пространственного анализа, моделирования развития чрезвычайных ситуаций и прогнозирования их последствий [7]. Исходя из выполняемых функций, ПИАС ЧС можно представить в виде трех блоков: блока сбора данных, аналитического блока и блока поддержки управленческих решений.

Блок сбора данных ПИАС ЧС отвечает за оперативное получение и систематизацию данных с целью их необходимой организации для последующего анализа. Блок получает и обрабатывает информацию из ряда структур и ведомств: ГСЧС Украины (база данных (БД) ЧС); Гидрометцентр Украины (БД гидрометеорологической информации); Межведомственный центр электронной картографии, г. Харьков (фонд электронных тематических карт территории Украины); Институт микрографии, г.Харьков (БД «Общегосударственный реестр потенциально опасных объектов») и т.д.

Важное место в блоке сбора информации отведено ГИС. В первую очередь, это организация базовых электронных карт местности и цифровых моделей рельефа, создание тематических карт, характеризующих состояние окружающей среды; карт размещения сетей мониторинга; схем распределения сил и средств реагирования на ЧС с привязкой ПОО и ЧС, которые произошли. Необходимым условием для создания блока является наличие системы обработки, интегрирующей пространственную информацию распределенных источников на платформе ГИС. При этом поставщики данных могут передавать информацию в доступном для них виде – таблицы, базы данных, цифровые карты и т.д., но в соответствии с общими требованиями разработчиков центральной ГИС к организации пространственной информации.

Аналитический блок обеспечивает анализ исходных данных и получение качественно новой результирующей информации в форме, оптимальной для подготовки управленческих решений. Это предопределяет наличие в нём двух подблоков прогноза ЧС, которые могут быть пространственно и организационно распределены между организациями, осуществляющими анализ и обработку данных:

- подблок методик и алгоритмов обработки данных, связанных с нормативно-правовым и методическим обеспечением прогноза и ликвидации последствий ЧС;
- подблок моделирующих систем, осуществляющих обработку данных на основе специализированных программно-технических комплексов.

Блок поддержки управленческих решений осуществляет выбор оптимального решения из нескольких конкурирующих вариантов, подготовленных и визуализированных в аналитическом блоке. Критерии оптимизации (приоритет тактического или стратегического аспектов, ориентация на максимальный экономический или социальный эффект, выбор наиболее адекватных поставленной цели результатов и т.д.) в настоящее время практически не формализованы. Их выбор пока определен либо опытом лица, принимающего решение, либо корпоративными интересами. Такие элементы технологии экспертных систем, как базы знаний и базы метаданных, еще не получили широкого развития в Украине.

Для унифицированной обработки информации атрибутивных банков данных по прогнозу и ликвидации последствий ЧС в настоящее время необходима разработка специализированных региональных баз данных ПОО, методик и алгоритмов, а также нормативно-правовой информации на основе применения телекоммуникационных технологий.

В диспетчерской службе ГУ ГСЧС Украины в Харьковской области с 1996 года используется в электронная информационная система об объектах города. Данная ГИС позволяет визуализировать и решать задачи по определению характеристик и местонахождения объектов в городе, выделению необходимых сил и средств, выбора маршрутов их выдвижения при возникновении ЧС, а также используется как справочная система. Однако для решения всего комплекса задач мониторинга техногенной безопасности Харьковского региона необходимо провести комплекс работ, который бы существенно расширил возможности системы и позволил совместить ее с ПИАС ЧС.

По аналогии с ПИАС ЧС разрабатываемая система должна включать следующие компоненты:

- цифровую картографическую основу под управлением ГИС-оболочки;
- прикладное программное обеспечение для прогноза последствий ЧС, которое запускается из среды ГИС-оболочки;
- базы данных.

Связь компонентов осуществляется с помощью единой инструментальной среды.

Предлагаемая ГИС имеет иерархическую структуру и состоит из 3 уровней:

1 уровень – «Информация о регионе» – включает цифровую карту Харьковской области в масштабе 1:2000000 и цифровые карты районов Харьковской области в масштабе 1:100000 – 1:50000 с отмеченными на них населенными пунктами, транспортной сетью и трубопроводами;

2 уровень – «Информация о населенных пунктах» – включает цифровую карту населенного пункта в масштабе 1:25000 с размещенными на ней ярлыками ПОО;

3 уровень – «Информация о ПОО» – включает цифровые планы и карты ПОО в масштабе 1:2500 с географической привязкой к цифровым картам 1-го и 2-го уровней.

Цифровая карта Харьковской области в масштабе 1:200000 уже создана и используется с 2004 года в Госкомземе Украины.

В картографическую базу необходимо включить цифровые карты районов Харьковской области масштаба 1:100000 – 1:50000. Они будут использоваться для нанесения зон поражения при ЧС – реальных или рассчитанных. С использованием данных семантических таблиц объектов карты будет определяться ущерб при ЧС. Каждый слой цифровой карты представляет собой одно районное образование.

Уровень «Информация о потенциально опасных объектах» будет содержать около 500 объектов, что полностью соответствует государственному реестру ПОО Харьковской области. С целью структуризации и повышения информативности предлагается все ПОО региона разделить на три группы в зависимости от характера проявления поражающего фактора: первую группу составляют объекты повышенной пожаро-взрывоопасности, вторую группу – объекты, связанные с выбросом в окружающую среду опасных веществ, и третью группу – объекты энергетики, водоснабжения (в том числе очистные сооружения) и трубопроводы. В соответствии с этим 3-й уровень ГИС состоят из трех слоев, отображающих ПОО каждой из указанных групп..

Кроме тематических карт необходим блок прогнозирования последствий ЧС. Блок автоматизирует бумажные методики, позволит снизить трудозатраты специалистов ГСЧС Украины при решении задач управления рисками ЧС и позволит быстро рассчитать все показатели, содержащиеся в ПЛАС объекта.

Блок прогнозирования последствий ЧС должен включать:

1. Модуль оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах;
2. Модуль расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при горении нефти и нефтепродуктов;
3. Модуль оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей;
4. Модуль оценки последствий химических аварий;
5. Модуль оценки последствий лесных пожаров;
6. Модуль оценки последствий ураганов;
7. Модуль расчёта зон затопления;
8. Модуль расчета комплексного индивидуального риска;
9. Модуль расчета рисков на потенциально опасных объектах.

В зависимости от вида ЧС и места е воз-

можного возникновения, природного явления на карте выбирается соответствующий модуль, после чего программа рассчитает зоны действия поражающих факторов, количество погибших, пострадавших и количество населения, у которого возможны нарушения условия жизнедеятельности. Вся рассчитанная информация отображается на карте. Электронные методики оценки последствий ЧС должны выполняться согласно утвержденной нормативной документации.

Наиболее трудоемким этапом работы для специалистов ГСЧС является процедура расчета рисков. Автоматизация этой процедуры предполагает разработку модулей для расчета рисков на потенциально опасных объектах и расчета комплексного индивидуального риска. Эти модули позволят рассчитать показатели риска для объекта: показатель коллективного риска, показатели индивидуального риска для населения и персонала и построить диаграммы социального и материального риска. По результатам расчета может быть получена карта комплексного риска. В связи с отсутствием руководящих документов, регламентирующих расчет комплексного индивидуального риска, должна быть разработана собственная методика, заложенная в основу работы модуля и позволяющая автоматизировать процесс расчета. Для корректной работы модуля определения комплексного индивидуального риска необходимо подготовить слой, содержащий зоны действия поражающих факторов с известными показателями индивидуального риска для населения. В результате работы модуля строится слой изолиний уровня риска для территории и вычисляется численное значение показателя комплексного индивидуального риска.

Для хранения информации о ПОО необходима база данных «Реестр потенциально опасных объектов». Реестр представляет собой набор таблиц, спроектированных согласно структуре типового ПЛАС ПОО. При работе с базой данных пользователь может вносить (редактировать) данные об организациях, имеющих ПОО, данные о ПОО, делать выборки по отдельным параметрам и набору параметров, экспортировать данные в офисные программы (MS Word, MS Excel).

Разработка системы в целом и отдельных блоков должна проводится с учетом ее последующей интеграции в состав ПИАС ЧС. При этом все данные должны быть объединены в едином геоинформационном пространстве, объединяющем центры сбора информации, ее обработки и публикации. Система также должна быть адаптирована для использования в любом территориальном центре мониторинга техногенной безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении Положения о мониторинге потенциально опасных объектов. МЧС Украины. Приказ № 425 от 06.11.2003. [Электронный ресурс] Режим доступа:: http://www.mns.gov.ua/opinfo/5580.html.
2. Об утверждении Положения о паспортизации потенциально опасных объектов. МЧС Украины. Приказ № 338 от 18.12. 2000 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z12
3. Положение по разработке планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий. Минтруда Украины. ДНАОП 0.00-4.33-99.
4. Чуб И.А., Попов В.М. Моделирование системы мониторинга техногенной безопасности региона // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2012. – Вып. 56. – С. 157-161.
5. Геоинформационная составляющая информационно-аналитической системы управления рисками чрезвычайных ситуаций Свердловской области. Концептуальное представление и реализация//Екатеринбург, 2003.
6. Акимов В.А., Новиков Д.В., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. Монография // М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. – 345с.
7. О создании Правительственной информационно-аналитической системы по вопросам чрезвычайных ситуаций. КМ Украины. Постановление № 2303 от 16.12.1999 г.

Поляков В. М., канд. техн. наук, доц.,
Рязанов Ю. Д., доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯНЕРЕКУРСИВНЫХ ПРОГРАММ-РАСПОЗНАВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОЙ СЛОЖНОСТИ ПО ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМ СИНТАКСИЧЕСКИМ ДИАГРАММАМ

Ryazanov.iurij@yandex.ru

Рассматриваются вопросы использования синтаксических диаграмм для автоматизации проектирования трансляторов. Предложен алгоритм построения нерекурсивных программ-распознавателей линейной сложности по табличному представлению детерминированных синтаксических диаграмм. Алгоритм может быть использован в системах автоматизированного построения трансляторов на основе синтаксических диаграмм.

Ключевые слова: *транслятор, детерминированная синтаксическая диаграмма, множество выбора, программа-распознаватель.*

Одним из удобных способов описания формальных языков является синтаксическая диаграмма (СД). Этот графический, оперирующий образами способ ориентирован на человека и в основном применялся в руководствах по языкам программирования [1]. Сейчас известны примеры использования СД при инженерном, ручном проектировании трансляторов [2 — 6]. В системах автоматизированного построения трансляторов [7 — 10] СД не применяются. Как правило, спецификация транслятора в этих системах представляется в нотации РБНФ, выполняется классическое проектирование транслятора [11] и его реализация с использованием алгоритмов линейной сложности, если это позволяет исходная РБНФ, либо с использованием универсальных алгоритмов более высокой сложности, таких как GLR, GLL или алгоритмов с возвратами.

Здесь дается формальное определение СД, позволяющее использовать табличное представление СД, удобное для автоматической обработки, и предлагается алгоритм преобразования таблиц детерминированных СД в нерекурсивную программу-распознаватель линейной сложности.

Табличный способ представления СД и предложенные алгоритмы ориентированы на их использование в системах автоматизированного построения трансляторов.

Синтаксическую диаграмму будем задавать четверкой $D = (T, N, G, S)$, где

T — конечное множество терминалов;

N — конечное множество нетерминалов;

$S \in N$ — начальный нетерминал;

$G = (V, E)$ — ориентированный граф, где

$V = V_T \cup V_N \cup V_u \cup V_{вход} \cup V_{выход}$, где

$V_{вход}$ — множество точек входа, $|V_{вход}| = |N|$;

V_T — множество терминальных вершин;

V_N — множество нетерминальных вершин;

V_u — конечное множество узлов;

$V_{выход}$ — множество точек выхода, $|V_{выход}| = |N|$;

$E = E_1 \cup E_2 \cup E_3 \cup E_4 \cup E_5$, где

$E_1 \subseteq \{(a,b) \mid a \in V_{вход}, b \in V_u\}$— множество входных дуг;

$E_2 \subseteq \{(a,b) \mid a \in V_u, b \in V_{выход}\}$ — множество выходных дуг;

$E_3 \subseteq \{(a,b) \mid a \in V_u, b \in V_T \cup V_N\}$ — множество дуг, выходящихиз узлов;

$E_4 \subseteq \{(a,b) \mid a \in V_T \cup V_N, b \in V_u\}$ — множество дуг, входящих в узлы;

$E_5 \subseteq \{(a,b) \mid a \in V_u, b \in V_u\}$ — множество ε-дуг, соединяющих узлы.

Каждому нетерминалу соответствует связная компонента графа. Компонента именуется соответствующим нетерминалом, имеет только одну точку входа и одну точку выхода и конечное множество вершин других типов. Точки входа и выхода на диаграмме компоненты не изображаются. Нетерминальная вершина изображается прямоугольником, в который вписан терминальный символ. Узел изображается на диаграмме жирной точкой. В точку входа не входит ни одна дуга и выходит конечное множество дуг (входные дуги компоненты). Узлы, в которые входят входные дуги, называются начальными. Из точки выхода не выходит ни одна дуга и входит конечное множество дуг (выходные дуги компоненты). Узлы, из которых выходят выходные дуги, называются заключительными. Каждая дуга, за исключением входных и выходных дуг, может выходить из узла и входить в терминальную или нетерминальную вершину или другой узел, либо выходить из терминальной или нетерминальной вершины и

входить в узел. В каждую терминальную и нетерминальную вершину входит только одна дуга и выходит только одна дуга. На количество дуг, входящих в узлы и выходящих из них, ограничений нет. На рис. 1 приведен пример синтаксической диаграммы.

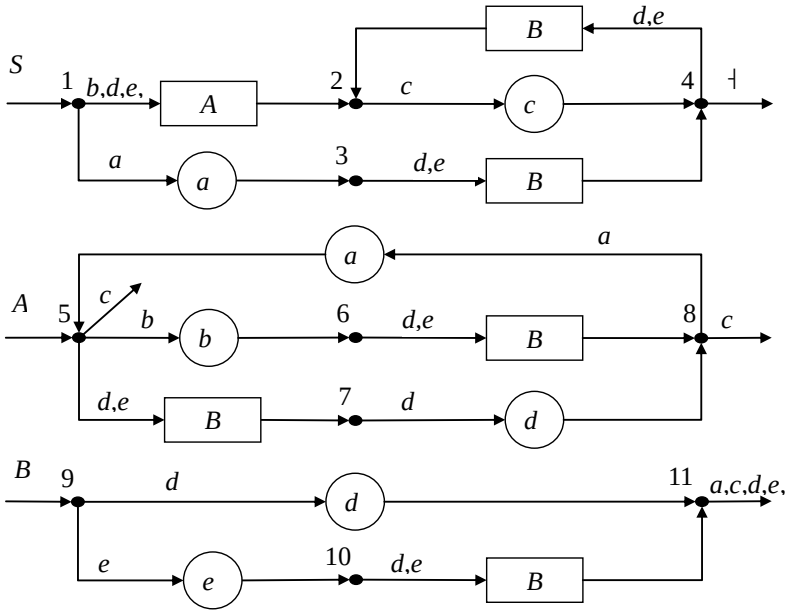


Рис. 1. Синтаксическая диаграмма

Синтаксическую диаграмму D можно представить множеством таблиц T, по одной для каждой компоненты.

Определим функцию R: $U \rightarrow \{1,2,\ldots,|V_u|\}$ разметки узлов, которая каждому узлу синтаксической диаграммы ставит во взаимнооднозначное соответствие элемент из множества $\{1,2,\ldots,|V_u|\}$.

Компоненту A синтаксической диаграммы будем представлять одноименной таблицей A, содержащей m строк и n столбцов, где n — количество узлов в компоненте A, $m=|T|+|N|+1$. Столбцы таблицы соответствуют узлам и отмечаются метками в соответствии с функцией R. Столбцы, соответствующие начальным узлам, отмечаются стрелочками. Столбцы, соответствующие заключительным узлам, отмечаются символом 1. Строки отмечаются терминалами, нетерминалами и символом ε. Каждый элемент таблицы содержит некоторое, возможно пустое, множество меток.

Пустая таблица A заполняется по следующим правилам. Если в диаграмме компоненты из узла с меткой i существует путь в узел с меткой j, проходящий только через одну терминальную вершину с терминалом $a \in T$, то в элемент таблицы $A_{a,i}$ добавляем метку j. Если из узла с меткой i существует путь в узел с меткой j, проходящий только через одну нетерминальную вершину с нетерминалом $B \in N$, то в элемент таблицы $A_{B,i}$ добавляем метку j. Если существует ε-дуга из узла i в узел j, то в элемент таблицы $A_{\varepsilon,i}$ добавляем метку j. Синтаксическая диаграмма (см. рис. 1) в табличной форме представлена в табл. 1.

Цепочку языка можно получить, «двигаясь» по дугам СД от точки входа начальной компоненты к ее точке выхода. При этом если дуга идет в терминальную вершину, то вписанный в нее символ добавляем в цепочку, если дуга идет в нетерминальную вершину, то переходим в соответствующую компоненту и движемся по ней аналогичным образом до точки выхода, после чего возвращаемся в предыдущую компоненту и продолжаем движение. После прохождения выходной дуги начальной компоненты в цепочку добавляем концевой маркер (┤).

Таблица 1

Табличное представление синтаксической диаграммы

S	↓			1
	1	**2**	**3**	**4**
a	3			
b				
c		4		
d				
e				
S				
A	2			
B			4	2

A	↓ 1			1
	5	**6**	**7**	**8**
a				5
b	6			
c				
d			8	
e				
S				
A				
B	7	8		

B	↓		1
	9	**10**	**11**
a			
b			
c			
d	11		
e	10		
S			
A			
B		11	

Символ x, который может быть добавлен в цепочку после прохождения выходящей из узла дуги e, принадлежит множеству выбора дуги e. Узел u называется детерминированным, если множества выбора любых двух дуг, выходящих из узла u, не пересекаются. СД является детерминированной, если в ней все узлы детерминированные. В работе [12] описаны алгоритмы вычисления множеств выбора дуг, выходящих из узлов, и определения принадлежности СД классу детерминированных СД.

Определим интуитивно множества выбора дуг, выходящих из узлов, в СД на рис. 1 и припишем их к соответствующим дугам. Множества выбора дуг, входящих в терминальную вершину, очевидно, содержат только терминал, записанный в этой вершине. Множество выбора дуг, входящих в вершину с нетерминалом B, равно $\{d, e\}$, т. к. из начального узла 9 компоненты B дуги идут только в вершины с терминалами d и e. Множество выбора дуги (1, A) равно $\{b, d, e, c\}$. Принадлежность символа b этому множеству объясняется дугой (5, b), символов d и e — дугой (5, B) и дугами, выходящими из узла 9, символа c — дугами (5, выход) и (2, c). Множество выбора дуги (4, выход) содержит только концевой маркер {┤}, т. к. после прохождения этой дуги цепочка заканчивается. Множество выбора дуги (8, выход) содержит только символ c потому, что после выхода из вершины с нетерминалом A (дуга (A, 2)) попадаем в узел 2, из которого выходит единственная дуга (2, c). Множество выбора дуги (11, выход) равно $\{a, c, d, e, ┤\}$. Это объясняется последовательностями дуг ((*B*, 8), (8, *a*)), ((*B*, 2), (2, *c*)), ((*B*, 4), (4, *B*), (9, *d*) и (9, *e*)) и ((*B*, 4), (4, выход)). Выполнив анализ множеств выбора дуг, выходящих из узлов, можно сделать вывод, что СД детерминированная.

Множества выбора дуг, выходящих из узлов, можно представить таблицами (табл. 2), аналогичными по структуре таблицам СД.

Таблица 2

Множества выбора для дуг синтаксической диаграммы

S	↓			1
	1	**2**	**3**	**4**
a	*a*			
b				
c		*c*		
d				
e				
S				
A	*b,c,d,e*			
B			*d,e*	*d,e*
выход				┤

A	↓ 1			1
	5	**6**	**7**	**8**
a				*a*
b	*b*			
c				
d			*d*	
e				
S				
A				
B	*d,e*	*d,e*		
выход	*3*			*3*

B	↓		1
	9	**10**	**11**
a			
b			
c			
d	*d*		
e	*e*		
S			
A			
B		*d,e*	
выход			*a,c,d,e,*┤

Теперь рассмотрим алгоритм построения нерекурсивных программ-распознавателей по таблицам детерминированных синтаксических диаграмм.

Не ориентируясь на конкретный язык программирования, будем представлять программу-распознаватель на псевдокоде. Программы-распознаватели будут использовать магазин для хранения узлов синтаксических диаграмм. Для выполнения операций над магазином будем использовать следующие команды псевдокода:

1) *инициализация магазина* — при выполнении этой команды создается пустой магазин;

2) *магазин пуст* — проверка пустоты магазина;

3) *втолкнуть (m)* — втолкнуть узел *m* в магазин;

4) *m* := *вытолкнуть* — вытолкнуть верхний магазинный символ (узел СД) и присвоить его переменной *m*;

Опишем другие команды и элементы псевдокода, используемые в программе-распознавателе:

1) *Программа* и *Конец программы* — начало и конец программы;

2) *читать (x)* — чтение очередного символа входной цепочки в переменную *x* (при первом выполнении читается первый символ цепочки);

3) 1, 2, 3 … — метки, соответствующие узлам СД;

4) логические выражения

— *x* = *t*, где *t* — терминал или концевой маркер (┤); истина, если значение переменной *x* равно *t*;

— *x* ∈ <подмножество терминалов, которое может содержать концевой маркер>;

— *x* = ┤ *и магазин пуст;*

5) *если* <логическое выражение> *то* <Оператор1> *иначе* <Оператор2> — условный оператор, где <Оператор1> может представлять собой один из четырех вариантов:

— *читать (x), переход на* <метка>;

— *втолкнуть (*<метка>*), переход на* <метка>;

— *m* := *вытолкнуть , переход на m*;

— *Допустить, конец*;

<Оператор2> — условный оператор или *Отвергнуть, конец.*

В программе-распознавателе инициализируется магазин, читается первый символ входной цепочки и далее последовательно описываются все узлы СД. Описание узла отмечается одноименной меткой и представляет собой последовательность описаний дуг, выходящих из узла. Дуга описывается условным оператором, в котором определяется принадлежность обрабатываемого символа множеству выбора дуги. Если символ принадлежит множеству выбора дуги и дуга идет в терминальную вершину, то читается следующий символ входной цепочки и выполняется переход на метку, соответствующую узлу, в который идет дуга из терминальной вершины. Если символ принадлежит множеству выбора и дуга идет в нетерминальную вершину с нетерминалом *A*, то нужно перейти на начальный узел компоненты *A*, предварительно запомнив узел *u*, в который идет дуга из нетерминальной вершины, в магазине. Из начального узла компоненты *A* начинается «движение» по узлам компоненты, и, как только попадем в заключительный узел и обрабатываемый символ будет принадлежать множеству выбора выходной дуги, нужно будет перейти в узел *u*, который будет находиться на верху магазина. Из магазина этот узел извлекается. Если символ непринадлежит множеству выбора и дуга не последняя, то описывается следующая дуга, выходящая из рассматриваемого узла, а если дуга последняя, то цепочка отвергается. Выходная дуга заключительного узла, идущая в точку выхода, описывается последней. Если символ принадлежит множеству выбора, то узел, на который следует перейти, извлекается из магазина и выполняется переход, иначе цепочка отвергается. Цепочка допускается, если при посещении заключительного узла начальной компоненты все ее символы обработаны (обрабатываемый символ — концевой маркер) и магазин пуст.

Текст программы-распознавателя, соответствующей СД (см. рис. 1, табл. 1 и 2) представлен ниже на псевдокоде:

Программа
инициализация магазина;
читать (x);
1: *если x = a то читать (x), переход на* 3 *иначе*
если x ∈ {b, c, d, e} то втолкнуть(2), переход на 5
иначе Отвергнуть, конец.
2: *если x = c то читать (x), переход на* 4
иначе Отвергнуть, конец.
3: *если x ∈ {d, e} то втолкнуть(4), переход на* 9
иначе Отвергнуть, конец.
4: *если x =* ┤ *и магазин пуст, то Допустить, конец иначе*
если x ∈ {d, e} то втолкнуть(2), переход на 9 *иначе*

если x ∈ {┤*} то m*: = *вытолкнуть , переход на m иначе*
Отвергнуть, конец.

5: *если x = b то читать (x), переход на* 6 *иначе*
если x ∈ {d, e} то втолкнуть(7), переход на 9 *иначе*
если x ∈ {c} то m := *вытолкнуть , переход на m иначе*
Отвергнуть, конец.
6:если x ∈ {d, e} то втолкнуть(8), переход на 9
иначе Отвергнуть, конец.
7: *если x = d то читать (x), переход на* 8
иначе Отвергнуть, конец.
8: *если x = a то читать (x), переход на* 5 *иначе*
если x∈ {c} то m := *вытолкнуть , переход на тиначе*
Отвергнуть, конец.

9: *если x = d то читать (x), переход на* 11 *иначе*
если x = e то читать (x), переход на 10
иначе Отвергнуть, конец.
10: *если x∈ {d, e} то втолкнуть(11), переход на* 9
иначе Отвергнуть, конец.
11: *если x∈ {a, c, d, e,* ┤*} то*
m := *вытолкнуть , переход на тиначе*
Отвергнуть, конец.

Конец программы

Алгоритм построения программы-распознавателя по таблицам СД следующий:

1. Выдать «*инициализация магазина;*»
2. Выдать «*читать (x);*»
3. Для всех компонент СД сформировать фрагмент кода, используя процедуру СинтезКода.
4. Выдать «*Конец программы».*
5. Конец алгоритма.

Алгоритм процедуры СинтезКода(*A, MV*).
Вход: *A* — таблица компоненты *A*;
MV — таблица, хранящая множества выбора дуг, выходящих из узлов компоненты *A*.
Выход: фрагмент кода программы, соответствующий компоненте *A*.
1. Для всех узлов *u* компоненты *A* (столбцов таблицы *A*) выполнить:
1.1. Выдать метку, соответствующую узлу *u*.
Если *A* — начальная компонента и узел *u* — заключительный, то выдать
«*если x =* ┤ *и магазин пуст, то Допустить, конец иначе*»
1.2. Для всех строк-терминалов *t* выполнить:
если $A_{t,u} \neq \varnothing$, то выдать
«*если x = t то читать (x), переход на m иначе*»,
где $m = A_{t,u}$.
1.3. Для всех строк-нетерминалов *Y* выполнить:
если $A_{Y,u} \neq \varnothing$, то выдать
«*если x ∈* $MV_{Y,u}$ *то втолкнуть(*$A_{Y,u}$*), переход на m иначе*»,
где *m* — первый столбец таблицы *Y*.
1.4. Если $A_{\text{выход},u} \neq \varnothing$, то выдать
«*если x ∈* $MV_{\text{выход},u}$ то *m* := *вытолкнуть , переход на m иначе*».
1.5. Выдать «*Отвергнуть, конец.*».
2. Конец алгоритма.

Таким образом, в статье предложен алгоритм построения нерекурсивных программ-распознавателей линейной сложности по таблицам детерминированных синтаксических диаграмм, который может быть использован в системах автоматизированного построения трансляторов на основе синтаксических диаграмм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Йенсен К., Вирт Н. Паскаль. Руководство для пользователя и описание языка. М: Финансы и статистика, 1982. 151 с.

2. Легалов А.И.Основы разработки трансляторов. URL:

http://www.softcraft.ru/translat/lect/content.shtml (дата обращения: 15.09.2013)

3. Легалов А.И., Швец Д.А., Легалов И.А. Формальные языки и трансляторы. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. 213 с.

4. Свердлов С.З. Введение в методы трансляции. Вологда: Издательство «Русь», 1994. 80 с.

5. Свердлов С. З. Языки программирования и методы трансляции. СПб.: Питер, 2007. 638 с.

6. Карпов Ю. Г. Теория и технология программирования. Основы построения трансляторов. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 272 с.

7. ANTLR.URL: http://www.antlr.org/ (дата обращения: 15.09.2013)

8. ASF+SDF.URL: http://www.cwi.nl/projects/MetaEnv/ (дата обращения: 15.09.2013)

9. Bison.URL: http://www.gnu.org/software/bison/ (дата обращения: 15.09.2013)

10. Coco/R.URL: http://www.ssw.uni-linz.ac.at/Research/Projects/Coco/ (дата обращения: 15.09.2013)

11.Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. М.: Мир, 1978. т. 1, 612 с. т. 2, 487 с.

12. Рязанов Ю. Д., Севальнева М. Н. Анализ синтаксических диаграмм и синтез программ-распознавателей линейной сложности // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 2013. № 8 (151). Вып. 26/1. С. 128–136.

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Нестеров А. М., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Вендин С. В. д-р техн. наук, проф.
Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЛ 35 КВ В ГАБАРИТАХ ВЛ 10 КВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

elapk@mail.ru

В работе произведён обзор возможности строительства ВЛ 35 кВ в габарите ВЛ 10 кВ в Белгородской области. Рассмотрены технические аспекты проектирования и строительства ВЛЗ 35 кВ.

Ключевые слова: *ВЛЗ 35 кВ, ВЛЗ 10 кВ, малогабаритные ВЛ 35 кВ, охранная зона ВЛЗ 35 кВ, опоры класса напряжения 35 кВ.*

Потребность перевода современных распределительных сетей 6-10 кВ на более высокие классы напряжения указана в отраслевом документе «Техническая политика ОАО МРСК - Центра». Так в пункте 2.2 содержится требование: «Выбор системы напряжений распределения электроэнергии должен осуществляться в процессе разработки Схем перспективного развития сетей 6–20 кВ, на основе анализа роста перспективных электрических нагрузок. При планировании реконструкции участков сетей, строительстве новых электросетевых зон, строительстве новых узловых центров питания должен осуществляться переход на более высокие классы среднего напряжения (с 6 кВ на 10 кВ, с 10 кВ на 35 или 20 кВ)».

Сейчас строительство ВЛ 35 производится в габаритах ВЛ 110 кВ, а технические возможности позволяют применение в этом классе напряжения ВЛ с защищенными изоляцией проводами, давая возможность их строительства в габаритах ВЛ 10 кВ. Защищенные изоляцией провода не боятся схлестывания в пролетах. Это способствует значительному сокращения межфазного расстояния и соответственно возможность перейти на штыревую изоляции вместо подвесной, что сразу позволяет уменьшить высоту опоры ВЛЗ 35 до габаритов опоры ВЛЗ 10 кВ. Это даёт возможность передать минимум в 2,5 раза большую мощность при одновременном сокращении потерь [1,2].

Экономический эффект от использования защищенных изоляцией проводов будет достигнут за счет:

- возможности передачи мощности в 2,5-3 раза большей по ВЛ с традиционными габаритами ВЛ 10 кВ;
- значительного уменьшения габаритов линии. Уменьшение ширины просеки, требуемой площади отвода земли на период строительства и эксплуатации;
- значительного снижения стоимости стоек, их фундаментов и металлоконструкций опор;
- снижения стоимости изоляции при использовании новых опорных линейных фарфоровых изоляторов (ОЛФ) вместо промежуточной подвески на базе подвесных стеклянных изоляторов;
- снижения стоимости монтажных работ;
- уменьшения эксплуатационных издержек;
- снижение издержек предприятий добывающей промышленности от недополучения прибыли в результате отключения линий.

Техническая возможность строительства ВЛЗ 35 кВ в габарите ВЛЗ 10 кВ в России на данный период существует, так как необходимые провода, устройства для защиты от атмосферных перенапряжений, стойки, современные образцы линейной арматуры, изоляторов и металлоконструкций опор разработаны и ждут своего применения.

С увеличением количества предприятий, не допускающих перебоев в электроснабжении в Белгородской области, всё острее становится вопрос обеспечения требуемой надежности. Необходимость перевода современных распределительных сетей 6-10 кВ на более высокие классы напряжения растёт. Строительство ВЛЗ является одним из таких решений. Использование защищенных проводов в конструкции распределительных линий среднего напряжения является в настоящее время обычной практикой в европейских странах. Так же в Белгородской области существует дефицит мощности, который может привести в скором времени расширению сетей среднего напряжения в области. Строительство ВЛЗ 35 кВ в габаритах 10 кВ существенно уменьшит территорию отчуждаемую

при строительстве. Для Белгородской области это может быть актуально, так как большая часть территории области является сельскохозяйственными угодьями [4, 6, 7].

Главной проблемой строительства ВЛЗ 35 кВ в России является отсутствие нормативной базы, т.е. необходимо дождаться либо принятия технического регламента, либо соответствующих дополнений к ПУЭ. Нет типовых проектов, немногие институты могут качественно разработать рабочую документацию; ограниченность в выборе материалов, арматуры и конструкций.

Таким образом при предварительных расчетах строительство ВЛЗ 35 кВ обойдется дешевле строительства обычной ВЛ 35 кВ и много дешевле кабельной линии. А удорожание в 1,4 раза относительно ВЛЗ 10 кВ позволяет передать более чем в 2,5 раза большую мощность, при одновременном значительном снижении потерь.

Если экономическое обоснование выглядит достаточно убедительно, то необходимость технической оценки встает достаточно остро.

При грубой оценке возможности использования типовых опор ВЛ 10 кВ можно воспользоваться оценкой их ветровых пролетов. Ветровой пролет обратно пропорционален диаметру и массе провода, т.е. для сохранения существующих пролетов при переходе со сталеалюминевых (АС) проводов на провода защищенные (ПЗВ и ПЗВГ) необходимо применить провода с аналогичным диаметром провода.

Таблица 1

Расчетный наружный диаметр и расчетная масса 1 км^2 проводов

Номинальное сопротивление токо-проводящей жилы, мм	Номинальный наружный диаметр провода, мм			Расчетная масса 1 км провода, кг		
	АС	ПЗВ	ПЗВГ	АС	ПЗВ	ПЗВГ
35 (АС 35/6,2)	8,4	13,3	14,7	148	196	228
50 (АС 50/8)	9,6	14,5	15,9	194	244	279
70 (АС 70/11)	11,4	16,1	17,5	274	317	355
95 (АС 95/16)	13,6	17,8	19,2	384	405	447
120 (АС 120/19)	15,2	19,2	20,6	471	486	531

Таблица 2

Приведение ПЗВ и ПЗВГ к АС по диаметру проводов

Марка провода			Диаметр провода		
АС	ПЗВ	ПЗВГ	АС	ПЗВ	ПЗВГ
АС 35/6,2	—	—	8,4		
АС 50/8	—	—	9,6		
АС 70/11	35	—	11,4		
АС 95/16	50	—	13,6	13,3	
АС 120/19	70	35/50	15,2	14,5/16,1	14,7/15,9

При оценке таблицы 2 возникает вопрос о приросте мощности при переходе на напряжение 35 кВ. Грубо можно считать передаваемую мощность пропорциональной произведению длительно допустимого тока на напряжение.

АС 95/16 330 А×10 кВ= 3300 кВА
ПЗВ220 А×35 кВ= 7700 кВА

$$\frac{\text{ПЗВ35}}{\text{АС95/16}} = \frac{7700}{3300} = 2{,}3$$

Таблица 3

Прирост передаваемой мощности

АС	ПЗВ	ПЗВГ	$P_{ПЗВ}/P_{АС}$	$P_{ПЗВГ}/P_{АС}$
АС 95/16	35	—	2,3	—
АС 120/19	50	35	2,5	2
АС 120/19	70	50	3,1	2,5

Для оценки технического решения выполним расчет ветровых пролетов [3] для условий Белгородской области.

Основные данные расчета:

Принимаем уровень подвеса верхнего провода примерно на 0,4 м выше верха стойки, а уровень подвеса нижнего провода примерно на 1м ниже верха стойки.

Климатические параметры: район по ветровому давлению II, W_o=500 Па, район по толщине стенки гололеда III, $b_э$=20 мм, региональная карта ветровых нагрузок при гололёде отсутствует.

Коэффициенты: K_w=1 - для открытой местности; региональные коэффициенты γ_{PW}=1 и $\gamma_{PГ}$=1 приняты в примере условно (указываются в задании на проектирование ВЛ в аварийных районах); коэффициенты надежности по ветру и гололеду: γ_{fw}=1,3; $\gamma_{fГ}$=1,6 - для III района по гололёду; коэффициенты надежности по назначению: для одноцепных опор γ_{nw}=1, $\gamma_{nГ}$=1. Стойка опоры СВ 110-5, $M_{СТ}$=50000Нм.

Таблица 4

Ветровые пролеты ВЛЗ 35кВ на стойке СВ110-5 в зависимости от глубины заделки и толщины стенки гололеда

Сечение, мм^2	ПЗВ				ПЗВГ			
	2,2		2,5		2,2		2,5	
	15	20	15	20	15	20	15	20
35	88,4	68,1	93,2	71,5	85,7	66,7	90,3	70,0
50	85,9	66,7	90,6	70,1	83,4	65,3	87,8	68,6
70	82,8	65,0	87,3	68,3	80,5	63,6	84,7	66,8
95	79,8	63,2	83,8	66,4	77,5	61,9	81,5	65,0
120	77,3	61,8	81,3	64,9	75,2	60,5	79,1	63,5

В таблице 5 приводится характеристики применяемых на ВЛ 10 кВ железобетонных стоек.

Таблица 5

Характеристики применяемых на ВЛ 10 кВ железобетонных стоек

Марка стойки	СВ105-1	СВ105-2	СВ110-1	СВ110-3	СВ110-5
Мр расчетный изгибающий момент на уровне земли, Нм	35300	49000	35300	40000	50000
Высота стойки, м	10,5	10,5	11	11	11

Выполненный анализ показал, что стойки СВ105-1, СВ110-1 и СВ110-3 не подходят по изгибающему моменту, для Мр=35300 Нм ветровой пролет будет составлять в лучшем случае 40 метров. Для Мр=40000 Нм ветровой пролет не более 50 метров.

Далее проверим габаритный пролет [4] для проводов марок ПЗВ 35/50/70 и ПЗВГ 50.

Основные данные используем из расчета сделанного ранее, модуль упругости 62,5кН/м, коэффициент линейного удлинения 23х10^{-6} 1/град, приведенный пролет принимаем = 75метрам. Температура воздуха: максимальная 35, минимальная -35, среднегодовая 5, при ветре и гололеде -5.

Таблица 6

Провод	ПЗВ35		ПЗВ50		ПЗВ70		ПЗВГ35		ПЗВГ50		ПЗВГ70	
$b_э$, мм	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
f, м	2,52	3,46	1,72	2,40	1,45	2,01	2,64	3,56	1,8	2,48	1,53	2,08

При строительстве ВЛЗ 35 кВ на стойках СВ110-5 (СВ105-5) максимальная стрела провеса составит: для ненаселенной местности примерно 2,5 м (2 м); для населенной примерно 1,5 м (1 м) (глубина заделки 2,5 метра, высота подвеса нижнего провода находится примерно ниже уровня верха стойки на 1 метр, габарит для ВЛЗ: по населенной местности составляет 6м; по ненаселенной местности 5 метров) [5].

Из всего выше указанного следует, что в Белгородской области рационально применение проводов с защитной изоляцией сечением до 70 мм^2. При этом приведенный пролет ВЛЗ 35 кВбудет составлять примерно 65 метров.

Из всего выше перечисленного следует что, использование старых ВЛ 10 кВ для перевода их на напряжение 35 кВ возможно, но очень сильно ограничено, т.к. перевод возможен только на линиях, где применены стойки СВ105-5 и СВ110-5, которые редко применялись при строительстве [8]. Так же состояние стоек после срока эксплуатации неопределенно и скорей всего их прочностные характеристики снижены. Проектирование новых ВЛЗ 35 кВ возможно с применением провода сечением до 70 мм^2 и рекомендуется для ненаселенных мест и/или мест с

высокой стоимостью земли (леса I категории и т.п.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подпоркин Г.В., Тиходеев Н.Н. О сооружении компактной ВЛ 35 кВ с использованием защищенных проводов // Энергетик. 2004. №8. С.19-22.
2. Деев А.В. Новые узлы крепления и изоляции проводов для металлических многогранных и композитных опор компактных ВЛ [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.energobud.com.ua.pdf (дата обращения: 12.12.2012)
3. СНиП 23-01-99* Строительная климатология
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 2007
5. Электронный журнал «САПР и графика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://www.sapr.ru (дата обращения: 12.12.2012)
6. Анализ показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб.пособие для студентов электроэнергет. и электромехан. специальностей вузов / А. А. Виноградов, О. Г. Гриб, О. Н. Довгалюк, С. В. Килин, С. А. Духанин, М. Ю. Михайлова, М. Н. Нестеров, А. М. Нестеров, А. В. Сапрыка, В. А. Сапрыка ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон.текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012.
7. Энергетика и энергоэффективные технологии [Электронный ресурс] :межвуз. сб. ст. : вып. 1. ч. 1 / редкол. М. Н. Нестеров, А. А. Виноградов, М. А. Авербух, И. А. Щербинин, Д. А. Прасол, О. А Щербинина ; общ.ред. М. Н. Нестерова. - Электрон.текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012.
8. Надежность электроснабжения : метод.указания к выполнению практ. работ для студентов очной и заоч. форм обучения специальности 140211-Электроснабжение и направления бакалавриата 140200 "Электроэнергетика" / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электроэнергетики ; сост.: М. Н. Нестеров, Р. С. Сингатулин, С. В. Килин. - Белгород : Изд-во БГТУ . 2012. - 34 с.

Кузнецов В. А., д-р техн. наук, проф.,
Рощубкин П. В., ассистент,
Сингатулин Р. С., ассистент,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

qwerty315@yandex.ru

В работе произведено исследование показателей качества электрической энергии в распределительных сетях 0,4-10кВ, представлены основные источники искажений и их влияние на качество электрической энергии и работу электроприёмников. Проведен анализ использования вольтодобавочных трансформаторов в распределительных сетях 0,4 кВ.

Ключевые слова: *качество электрической энергии, несинусоидальность, несимметрия, источник искажения, электроприемники, вольтодобавочный трасформатор, катушка индуктивности.*

Под термином "качество электрической энергии" понимается соответствие основных параметров энергосистемы установленным нормам производства, передачи и распределения электрической энергии.

Количественная характеристика качества электроэнергии выражается отклонениями напряжения и частоты, размахом колебаний напряжений и частоты, коэффициентом несинусоидальности формы кривой напряжения, коэффициентом несимметрии напряжения основной частоты.

Отклонение частоты - разность усредненная за 10 мин. между фактическим значением основной частоты и номинальным её значением. Отклонение частоты от номинального значения в нормальном режиме работы допускается в пределах ±0,1 Гц . Кратковременные отклонения могут достигать ±0,2 Гц .

Колебание частоты - разность между наибольшим и наименьшим значениями основной частоты в процессе достаточно быстрого изменения параметров режима, когда скорость изменения частоты не меньше 0,2 Гц в секунду. Колебания частоты не должны превышать 0,2 Гц сверх допустимых отклонений 0,1 Гц.

$$\delta f = f_{нб} - f_{нм}*$$

$$\delta f\,\% = \frac{f_{нб} - f_{нм}}{f_{ном}} 100\% \quad (1)$$

Отклонения напряжения - разность между фактическим значением напряжения и его номинальным значением для сети, возникающая при сравнительно медленном изменении режима работы, когда скорость изменения напряжения меньше 1% в секунду.

$$\Delta U = U - U_н \quad \text{или} \quad \Delta U\% = \frac{U - U_H}{U_H} 100\% \quad (2)$$

В условиях нормальной работы допускается отклонение напряжения в следующих пределах:

-5÷+10% - на зажимах электродвигателей и аппаратов для их пуска и управления

-2.5÷+5% - на зажимах приборов рабочего освещения

±5% - на зажимах остальных приемников электрической энергии

В после аварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5%.

Колебание напряжения оценивается следующими показателями:

1. Размахом изменения напряжения δU т.е. разностью между наибольшим и наименьшим действующими значениями напряжения в процессе достаточно быстрого изменения параметров режима, когда скорость изменения напряжения не менее 1% в секунду:

$$\delta U\% = \frac{U_{макс} - U_{мин}}{U_H} 100\% \quad (3)$$

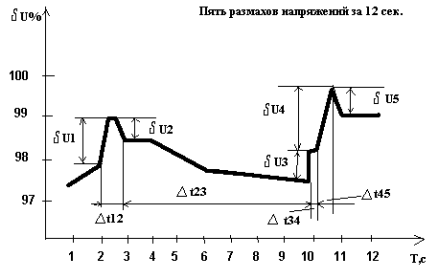


Рис. 1. Колебание напряжения

2. Частотой изменений напряжения (1/с, 1/мин., 1/ч.)

$$F=m/T \quad (4)$$

где m- количество изменений напряжения со скоростью изменения более 1% в секунду за время Т.

3. Интервал между следующими друг за другом изменений напряжения Δt_{kj} .

Несинусоидальность напряжения сети характеризуется коэффициентом несинусоидальности (искажения) кривой напряжения, который определяется по формуле:

$$K_{нс} = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{\infty} U_\nu^{\,2}}}{U_1} 100\% \approx \frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{\infty} U_\nu^{\,2}}}{U_{ном}} 100\% , \qquad (5)$$

где U_ν - действующее значение напряжения ν - й гармоники; U_1 - действующее значение первой или основной гармоники.

Коэффициент несинусоидальности напряжения не должен превышать 5% на зажимах любого приемника электроэнергии.

Под несимметрией напряжений понимают неравенство фазных или линейных напряжений по амплитуде и углам сдвига между ними.

Нормируемым показателем несимметрии является коэффициент обратной последовательности напряжения, равный отношению напряжения обратной последовательности U_2 к номинальному линейному напряжению $U_{ном}$.

$$\varepsilon_2 = \frac{U_2}{U_{ном}} 100\% \qquad (6)$$

Допустимое значение коэффициента ε_2 составляет 2%.

При выходе показателей качества за установленные пределы увеличиваются расход и потери электроэнергии в системах электроснабжения, снижается уровень надежности работы электрооборудования, возникают нарушения технологических процессов и снижается выпуск продукции [1,2].

Для того чтобы снизить данные показатели сетевые компании ведут реконструкцию электрических сетей. Рассмотрим это на примере распределительных сетей 0,4-10 кВ.

Построение распределительных электрических сетей 0,4–10 кВ в ОАО «МРСК Центра» ведется концептуально по трем направлениям:

- реконструкция распределительных сетей 0,4–10 кВ путем разукрупнения центров питания и построения разветвленной сети 0, 4 кВ с небольшими длинами фидеров для сетей с фиксированной распределенной по территории нагрузкой;
- построение сети 6–10 кВ со столбовыми ТП (СТП) 6–10 кВ и питанием ограниченного числа потребителей от каждой СТП для сетей с перспективой территориального развития, дальнейшего увеличения и распределения нагрузки;
- применение вольтодобавочных трансформаторов 0,4 кВ для быстрого реагирования на жалобы населения на качество электроэнергии и выполнение технологического присоединения потребителей [3].

Первые два направления составляют основу системы реконструкции и нового строительства всего электросетевого хозяйства 0,4–10 кВ. Применение вольтодобавочных трансформаторов не является основным направлением в построении распределительной сети 0,4–10 кВ, но занимает свой сегмент в общем объеме. По оценки ВЛ-0,4 кВ с ВДТ могут занимать 1–2 % от всего количества ВЛ-0,4 кВ [4]. Исходя из накопленного опыта эксплуатации, данное техническое решение является крайне необходимым в определенных случаях работы эксплуатирующей организации, каковыми являются:

- временное оперативное решение проблемы низкого напряжения на ВЛ-0,4 кВ протяженности более 1 км, если привычные меры, такие как перераспределение нагрузки по фазам не дали результат, а разукрупнение ВЛ связано с крупными материальными затратами и не может быть выполнено в короткие сроки;
- постоянное решение для ВЛ-0,4 кВ с отсутствием возможности реконструкции ввиду особенностей ландшафта местности и других ограничений.

По итогам анализа имеющихся на рынке серийно выпускаемых вольтодобавочных аппаратов, работающих на различных принципах (электромеханический, ступенчатое регулирование, феррорезонансный, трансформаторы с подмагничиванием, трансформаторы с двойным преобразованием энергии, с высокочастотным транзисторным регулированием и магнитный принцип), был сделан вывод о возможности применения в распределительных сетях 0,4 кВ ВДТ с магнитным принципом работы (ВДТ компании Magtech (Норвегия)). Данное техническое решение было принято к реализации как наиболее перспективное по причине автономности работы, наличия элементов интеллектуального поведения (режим байпас и восстановление режима компенсации после ликвидации аварийного режима), отсутствия необходимости эксплуатации и минимальные капитальные затраты при вводе в эксплуатацию.

Экономическая целесообразность применения данного типа оборудования обосновывается нулевой стоимостью владения (отсутствие эксплуатационных и ремонтных затрат в течении всего срока службы).

С целью определения уровня качества стабилизированного напряжения были реализованы «пилотные» проекты и произведены измерения показателей качества электрической энергии (далее ПКЭ):

- установившегося отклонения напряжения;
- коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения;
- коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонения частоты;
- длительности провалов напряжения.

Измерения проведены в соответствии с действующими методиками измерения и существующими стандартами, с использованием специализированных приборов измерения ПКЭ (Ресурс UF).

Конструкций и способы установки ВДТ

Масляные вольтодобавочные трансформаторы ТВМГ, произведенные на основе технологии MCI, в герметичном исполнении, предназначены для обеспечения качества электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ Вольтодобавочные трансформаторы ТВМГ обеспечивают повышение и стабилизацию напряжения, компенсацию асимметричности нагрузки в трехфазной сети потребителей переменного тока, напряжением 0,4 кВ, частотой 50 Гц Вольтодобавочный трансформатор устанавливаются в разрыв линии электропередач и являются оборудованием наружной установки с длительным режимом работы в умеренных климатических условиях по ГОСТ 15150. Условия работы устройства:

Высота установки над уровнем моря не более 1000 м

Вольтодобавочный трансформатор предназначен для работы во взрывобезопасной окружающей среде, не содержащей токопроводящей пыли.

Вольтодобавочный трансформатор не предназначен для работы в химически активной среде, а также в условиях тряски, вибрации, ударов.

Температура окружающего воздуха для вольтодобавочного трансформатора от -45°С до +40°С

В цепь первичной обмотки автотрасформатора включена катушка с изменяемой индуктностью, состоящая из основной обмотки. Регулировка напряжения происходит за счет изменения индуктивности катушки управления. При изменении индуктивности происходит изменение напряжения на е выводах. При этом изменяется значение напряжения на первичной обмотке автотрансформатора, и, следовательно, на вторичной.

Схема управления анализирует напряжение в сети и увеличивает ток в обмотке управления. Индуктивность катушки MCI уменьшается, и напряжение на ней снижается, напряжение на первичной обмотке автотрансформатора повышается, происходит повышение напряжения на выходе ВДТ.

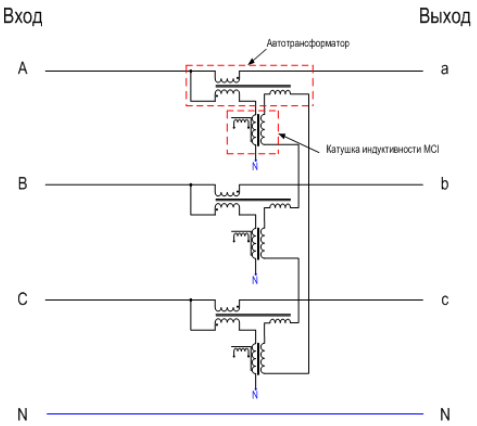


Рис. 2. Схема соединений активной части вольтодобавочного трансформатора

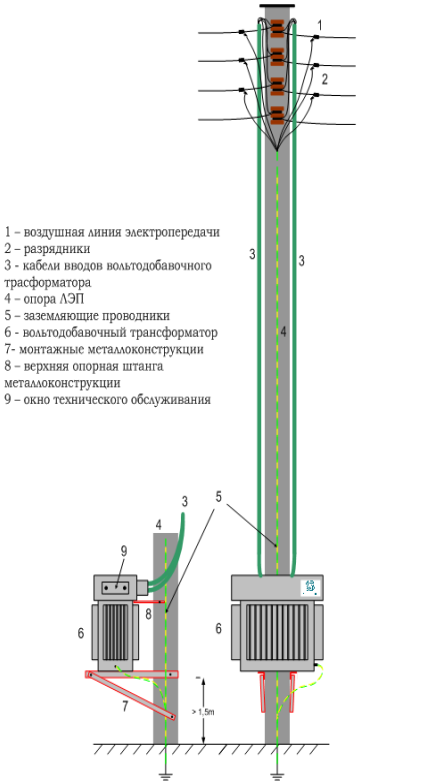


Рис.3 Монтаж вольтодобавочного трансформатора на опору ЛЭП

Применение ВДТ в распределительных сетях не ведет к решению всех проблем. Основная задача ВДТ заключается в поддержке районов с удаленными потребителями которых не затрагивает реконструкция сетей, не возможность реконструкции из за сложного ландшафта, предварительное электроснабжение строительных площадок, повышение стабильности напряжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Надежность электроснабжения : метод. указания к выполнению практ. работ для студентов очной и заоч. форм обучения специальности 140211-Электроснабжение и направления бакалавриата 140200 "Электроэнергетика" / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электроэнергетики ; сост.: М. Н. Нестеров, Р. С. Сингатулин, С. В. Килин. - Белгород : Изд. БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. 34 с.

2. Анализ показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов электроэнергет. и электромехан. специальностей вузов / А. А. Виноградов, О. Г. Гриб, О. Н. Довгалюк, С. В. Килин, С. А. Духанин, М. Ю. Михайлова, М. Н. Нестеров, А. М. Нестеров, А. В. Сапрыка, В. А. Сапрыка ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. 271 с.

3. Рыбников Д.А. Применение вольтодобавочных трансформаторов в распределительных сетях 0,4 кВ ОАО «МРСК Центра» // ЭНЕРГОЭКСПЕРТ. 2011. № 3.

4. Виноградов А.А., Нестеров А.М., Нестеров М.Н. Энергостабильность региона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №4. С. 124 -127.

Михайлова М. Ю., аспирант,
Афанасьев А. А., д-р техн. наук, проф.,
Нестеров А. М., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ТАРИФНАЯ ПОЛИТИКА В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Mihailova_MY@mail.ru

В работе произведено исследование электронных счетчиков электрической энергии, представленных на российском рынке нашими производителями, дается сравнительная оценка их технических характеристик. Проведено исследование существующих дифференцированных тарифов в г. Белгороде и в г. Москве, дана сравнительная характеристика.

Ключевые слова: *энергосбережение, электронные счетчики, дифференцированные тарифы на электрическую энергию, сравнение тарифной системы.*

Согласно государственной политике в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в сфере жилищно-коммунального хозяйства [1] на основании федерального закона № 261 «Об энергосбережении и энергоэффективности…» в сфере жилищно-коммунального хозяйства предусмотрена реализация мероприятий по трем направлениям:

1 мероприятия по оснащению потребителей приборами учета и стимулированию потребителей к экономии и надлежащей оплате энергоресурсов;

2 мероприятия по повышению энергоэффективности для населения и в жилищном фонде, в том числе при новом строительстве;

3 реализация региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

На сегодняшний день плата за коммунальные услуги для потребителя включает:

—в многоквартирном доме

а) плату за коммунальную услугу, предоставленную в жилое и в нежилое помещение, которая рассчитывается исходя из: показаний индивидуальных приборов учета, данных о среднемесячном потреблении за прошлый период по индивидуальным приборам учета (на время замены прибора учета или в случае непредставления показаний, но не более 3-х месяцев), нормативов (при отсутствии индивидуального прибора учета),

b) плату за коммунальную услугу, предоставленную в местах общего пользования (подъезды, подвалы, крыши и т.д.), которая рассчитывается исходя из: показаний коллективного прибора учета , нормативов (при отсутствии коллективного прибора учета);

—в индивидуальном жилом доме:

а) плату за коммунальную услугу, предоставленную в жилое помещение, которая рассчитывается аналогично МКД:

b) плату за коммунальную услугу, предоставленную для ведения личного подсобного, дачного хозяйства, садоводства: начисляется по соответствующим нормативам только в том случае если у потребителя

1) есть такое хозяйство

2) отсутствует индивидуальный прибор учета.

Для реализации мероприятий по первому направлению в области энергосбережения необходимо установить у потребителей электронные приборы учета электроэнергии, позволяющие потребителем:

—участвовать в АИИСКУЭ (автоматическая информационная измерительная система коммерческого учета электрической энергии),

—применять дифференцированные тарифы.

На сегодняшний день на российском рынке представлен большой выбор электронных счетчиков электрической энергии, причем счетчики электроэнергии как однофазные, так и трехфазные российского производства, имеют такие же технические характеристики, как и счетчики зарубежного производства, по своей стоимости наиболее доступны и более выгодны. Межповерочный интервал у счетчиков российских производителей больше, чем у счетчиков зарубежных производителей. Все это позволяет им достойно конкурировать на мировом рынке.

Если сравнивать счетчики разных российских производителей между собой, то можно заметить, что на российском рынке достойную конкуренцию друг другу составляют 3 вида счетчиков. К ним относятся счетчики Меркурий («Научно Производственная Компания «Инкотекс»), Нейрон (000 «Систел Автоматизация») и Альфа («Эльстер Метроника»).

В системах АИИСКУЭ в основном применяются трехфазные многотарифные электронные электросчетчики. Рассмотрим более по-

дробно технические характеристики трехфазных многотарифных электронных электросчетчиков вида Меркурий, Нейрон и Альфа в таблице 1 [2, 3, 4].

Таблица 1

Технические характеристики электронных счетчиков

Наименование величины	*Меркурий 230ART*	Нейрон НЗП-АР-14-Р-П	Альфа А1140
Класс точности: активной реактивной энергии	0,5S или 1,0 1,0 или 2,0	1 2	0,5S или 1,0 1,0 или 2,0
Номинальный (макс.) ток, А	5(7,5),5(60),10 (100)	5(7,5),5(50)	5(100)
Тарификатор	производит учёт по 4 тарифам в 16 временных зонах суток для 4-х типов дней. Каждый месяц года программируется по индивидуальному тарифному расписанию. Минимальный интервал действия тарифа в пределах суток – 1 минута	содержит до 8 временных тарифных зон, до 2 типов дней недели, до 2 сезонов. Переключение лето/ зима осуществляется автоматически.	производит учет электроэнергии по 4-м тарифным зонам (4 в сутках, 4 типа дней недели, 4 сезона, автоматический переход на летнее и зимнее время)
Диапазон рабочих температур	-40 …+55 °С	-30 ..+40 °С	-25…+65 °С
Межповерочный интервал, лет	10	10	16
Гарантия изготовителя, лет	3	2	4
Срок службы, лет	30	40	30
Цена от…,руб.	4300	7865	7900

Тарификатор счетчиков вида Нейрон может производить учет по 8 тарифам, а у счетчиков вида Альфа и Меркурий только по 4 тарифам. Но счетчики вида Нейрон могут иметь только один класс точности по активной энергии 1,0 в то время, когда счетчики видов Альфа и Меркурий могут измерять активную энергию с классом точности 0,5S или 1,0. Если сравнить по ценовой категории, то наиболее приемлемую цену имеют счетчики вида Меркурий. Однофазные многотарифные счетчики Меркурий стоят от 1120 рублей и более, а трехфазные – от 4300 руб., однофазные счетчики вида Нейрон стоят не менее 5015 руб., трехфазные - от 7865 руб. У счетчиков Меркурий межповерочный интервал такой же, как и у счетчиков Нейрон - 10 лет, а гарантия изготовителя – 3 года, у счетчиков Нейрон - 2 года. Это дает весомое преимущество счетчикам вида Меркурий, так как в случае выхода из строя их можно сдать на гарантийный ремонт. Если сравнить по ценовой категории, то счетчики Меркурий в 2 раза дешевле, чем Нейрон, хотя по техническим характеристикам лучше . Достойно конкурируют два вида счетчика- это Альфа и Меркурий. Но здесь уже потребитель должен выбрать сам, что для него выгоднее. У Альфа больше межповерочный интервал, здесь можно сэкономить на поверке прибора (услуги от 600 руб.), а стоимость его почти в два раза больше, чем у счетчиков вида Меркурий.

В Белгородской области с 2008 года началось внедрение системы АИИСКУЭ, основанной на применении приборов учета Нейрон [6]. На данный момент число счетчиков «Нейрон» на территории области составляет 60 тысяч. Применение такой системы уже дало положительный результат – потери электроэнергии сократились. В процессе эксплуатации приборов учета Нейрон оказалось, что они выходят из строя намного раньше указанного в паспорте срока службы, который составляет 40 лет. Возможно, связано с браком продукции на заводе-изготовителе. В таком случае целесообразней в АИИС КУЭ г. Белгорода использовать счетчики вида Меркурий, так как для них сопоставление цены и качества является оптимальной. Применение счетчиков Меркурий даст наиболее эффективный результат и затраты на их приобретение окупятся за меньший срок.

Рассмотрим дифференцированные тарифы на электрическую энергию на 2013 год для Москвы (таблица 2) и для Белгорода (таблица 3) [2, 4, 5].

Таблица 2

Тарифы на электрическую энергию на 2013 г. для Москвы

Тарифы на электро-энергию	Городское население	Городское население, проживающее в домах, оборудованных в установленном порядке стационарными электроплитами и (или) электро-отопительными установками	Сельское население	Потребители, приравненные к категории «Население»
Однотарифный учет с применением одноставочного тарифа	3,58	2,51	2,51	3,58
Двухтарифный учет с применением тарифа, дифференцированного по зонам суток				
ночная зона Т2 (23.00-7.00)	1,39	0,97	0,97	1,39
дневная зона Т1 (7.00-23.00)	4,11	2,88	2,88	4,11
Многотарифный учет с применением тарифа, дифференцированного по зонам суток				
ночная зона Т2 (23.00-7.00)	1,39	0,97	0,97	1,39
полупиковая зона Т3 (10.00-17.00; 21.00-23.00)	3,49	2,44	2,44	3,49
пиковая зона Т1 (7.00-10.00; 17.00-21.00)	5,08	3,56	3,56	5,08

Таблица 3

Тарифы на электрическую энергию на 2013 г. для Белгорода

Тарифы на электроэнергию	Городское население	Городское население, проживающее в домах, оборудованных в установленном порядке стационарными электроплитами и (или) электро-отопительными установками	Сельское население	Потребители, приравненные к категории «Население»
Однотарифный учет с применением одноставочного тарифа	2,75	1,92	1,92	2,75
Двухтарифный учет с применением тарифа, дифференцированного по зонам суток				
ночная зона Т2 (23.00-7.00)	2,32	1,62	1,62	2,32
дневная зона Т1 (7.00-23.00)	2,97	2,08	2,08	2,97
Многотарифный учет с применением тарифа, дифференцированного по зонам суток				
ночная зона Т2 (23.00-7.00)	2,32	1,62	1,62	2,32
полупиковая зона Т3 (10.00-17.00; 21.00-23.00)	2,75	1,92	1,92	2,75
пиковая зона Т1 (7.00-10.00; 17.00-21.00)	3,77	2,31	2,31	3,30

Проведем сравнения между стоимостью диапазонов дифференцированных тарифов для городского населения в г. Белгороде:

—двухставочный тариф: разница между ночной и дневной составляет 22%;

—трехставочный тариф: разница между ночной зоной и пиковой составляет 38%, между ночной и полупиковой 16%, полупиковой зоной и пиковой 27%.

Проведем аналогичные расчеты для г. Москвы:

—двухставочный тариф: разница между ночной и дневной зоной составляет 66%;

—трехставочный тариф: разница между ночной зоной и пиковой составляет 73%, между ночной и полупиковой 60%, полупиковой зоной и пиковой 31%.

Вывод: на сегодняшний день в г. Белгороде представлена дифференцированная тарифная система на электрическую энергию, не позволяющая в полной мере потребителям использовать все ее возможности, ведущие к экономии электрической энергии и разгрузке энергетической системы в пиковой зоне, так как разница между зонами для потребителя не существенна, в среднем 22-38%, а аналогично в г. Москве 66-73%, что позволяет экономить как электроэнергию, так и денежные средства потребителей. Считаю, что тарифная политика в г. Белгороде требует конструктивной доработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев Л.В. О государственной политике в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в сфере жилищно-коммунального хозяйства [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.enevo.ru/presentation/ (дата обращения: 12.12.2012).

2. [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.mosenergosbyt.ru (дата обращения: 12.12.2012).

3. [Электронный ресурс]. Систем.требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://newtariffs.ru (дата обращения: 12.12.2012).

4. Васильченко В. И. Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 140200 - Электроэнергетика, специальности 140211 - Электроснабжение /В. И. Васильченко, А. А. Виноградов, О. Г. Гриб, О. Н. Довгалюк, С. В. Килин, И. А. Манов, М. Ю. Михайлова, М. Н. Нестеров, П. П. Рожков, А. В. Сапрыка, Г. А. Сендерович ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011.

5. Расчет нормативов электропотребления гражданами Белгородской области / А.А. Виноградов, М.Ю. Михайлова, С.А. Духанин, С.В. Соловьев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 136–140.

6. Микропроцессоры и микропроцессорные устройства [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов всех форм обучения по специальности 140211 - Электроснабжение и направления бакалавриата 140400 - Электроэнергетика и электротехника / А. А. Виноградов, М. Н. Нестеров, А. О. Яковлев, С. В. Килин, Р. С. Сингатулин, М. Ю. Михайлова, А. Н. Нестеров, А. В. Сапрыка ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд. БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012.

Венцель Е. С., д-р техн. наук, проф.,
Орел А. В., аспирант
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОПРИВОДОВ

7051956@bigmir.net

Дана оценка работоспособности гидроприводов строительных и дорожных машин. Установлено, что базовые методики расчета индекса загрязненности рабочей жидкости гидропривода, не учитывают частицы с размером 5 мкм и менее. Введен коэффициент противоизносных свойств, который может быть критерием оценки срока службы гидропривода. Получены значения срока службы рабочих жидкостей в гидроприводе автогрейдера, с критическим значением коэффициента. Доказана корреляция между рациональным сроком замены рабочих жидкостей и эффективной эксплуатацией СДМ.

***Ключевые слова**: строительные, дорожные, машины, гидропривод, рабочая жидкость, загрязненность, срок службы, эксплуатация, эффективность.*

Современные строительные и дорожные машины в большинстве оборудуются гидравлическим приводом, в котором в качестве рабочего тела используется рабочая жидкость (РЖ).

Проведенный анализ литературных источников показал, что до 90% выходов гидросистем из строя происходит по причине загрязнения рабочих жидкостей [1-5], что отрицательно сказывается на эффективности эксплуатации СДМ. Поэтому именно загрязненность РЖ лимитирует срок ее службы в гидроприводах СДМ.

Как известно, чистота РЖ характеризуется классом чистоты, по ГОСТ 17216-2001. ВНИИГидроприводом предложено определять класс чистоты по индексу загрязненности:

$$Z = 10^{-3}(n_{5-10}\cdot 10 + n_{10-25}\cdot 25 + n_{25-50}\cdot 50 + n_{50-100}\cdot 100 + n_{100-200}\cdot 200), \quad (1)$$

где $n_{5\text{-}10}$; $n_{10\text{-}25}$; и т. д. – число частиц загрязнений размером более 5 и до 10 мкм, более 10 и до 24 мкм и т.д. в 100см^3 РЖ для каждого из 10 классов по ГОСТ 17216-2001 (от 8-го до 17-го класса).

Однако при расчете индекса загрязненности не учитываются частицы загрязнений размером 5 мкм и меньше, а именно эти частицы способны [2, 4]:

- уменьшить электростатический износ в результате повышения электропроводности масляных пленок;
- благодаря развитой удельной поверхности адсорбировать на себе продукты окисления масла и таким образом превратиться в естественную противоизносную присадку;
- нивелировать шероховатости поверхностей, уменьшая давление между ними;

Таким образом, частицы размером 5 мкм и меньше существенно улучшают противоизносные свойства РЖ и следовательно влияют на их срок службы. Поэтому нами предлагается ввести коэффициент противоизносных свойств, который может быть критерием оценки их сроков службы [3]:

$$K_j = \frac{n_5 \cdot 5}{n_{5-10}\cdot 10 + n_{10-25}\cdot 25 + n_{25-50}\cdot 50 + n_{50-100}\cdot 100 + n_{100-200}\cdot 200} \quad (2)$$

где n_5 – число частиц загрязнений размером 5мкм и меньше.

Для определения связи коэффициента K_j с износом пар трения были проведены следующие лабораторные испытания. РЖ МГ-46-Б с различной степенью наработки в гидроприводе скрепера испытывали на машинах трения ЧШМ и СМЦ-2.

Результаты этих испытаний (рис. 1, 2) показали, что по мере наработки РЖ, износ образцов увеличивается. Одновременно с этим наблюдается снижение K_j и при его величине 0,21 имеет место резкое увеличение износа. Таким образом, прослеживается взаимосвязь между коэффициентом K_j и износом образцов при различных вариантах их смазывания. При этом величина коэффициента K_j для РЖ МГ-46-Б равная 0,21, является критической.

Были проведены эксплуатационные испытания импортного автогрейдера GR165, который приписан ремонтно-дорожному предприятию Богодуховского района Харьковской области. Автогрейдер выполнял различные работы (ремонт и обслуживание дорожного покрытия, профилирование земляного полотна, строительство дорог, отчистку дорожного покрытия и обочин от снега).

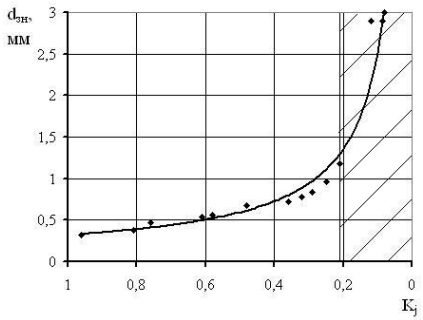


Рис. 1. Зависимость диаметра пятна износа от коэффициента K_j (машина трения ЧШМ)

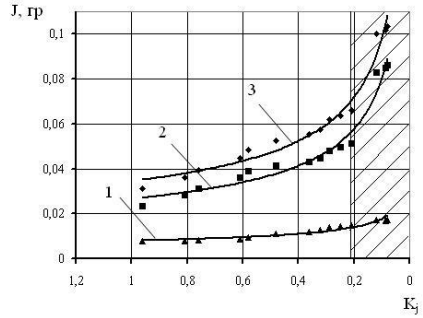


Рис. 2. Зависимость величины износа образцов от коэффициента K_j (машина трения СМЦ-2):
1 - ролика, 2 - колодки,
3 - суммарный износ образцов

У автогрейдера отсутствует инструкция по эксплуатации и соответственно, данные о сроках замены РЖ.

После того, как в гидробак автогрейдера была залита свежая РЖ марки Hydro HV 46, периодически отбирались пробы РЖ для проведения лабораторных анализов. Определялись гранулометрический состав частиц загрязнений с последующим вычислением индекса загрязненности Z и коэффициента противоизносных свойств K_j, а также процентное содержание в РЖ железа, что является косвенным показателем износа элементов гидрооборудования.

На рисунке 3 показаны зависимости индекса загрязненности Z и коэффициента противоизносных свойств K_j от времени наработки РЖ. Как следует из приведенного графика, значение индекса загрязненности Z плавно возрастает с величины 406 в свежей РЖ, до 60000 при наработке 1250 маш-час. В то же время значение коэффициента K_j первые 1180 маш-час работы плавно снижается, от величины 1,24 до 0,2 при наработке 1185 маш-час. После 1200 маш-час величина коэффициента K_j составляет 0,1. В дальнейшем, при работе автогрейдера, значение коэффициента K_j снижается до 0,03 (наработка 1250 маш-час).

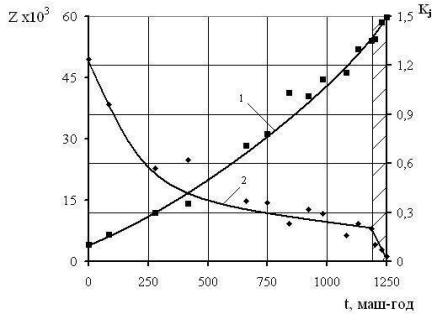


Рис. 3.. Зависимость величины индекса загрязненности Z (1) и коэффициента противоизносных свойств Kj (2) от времени наработки РЖ Hydro HV 46

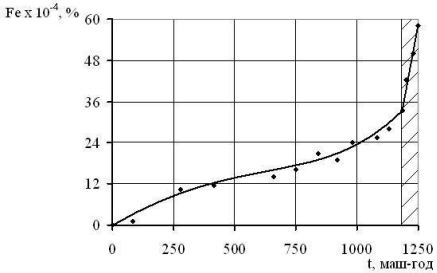


Рис. 4. Зависимость содержания неорганических примесей от времени наработки РЖ

Как следует из рисунка 4, первые 1185 маш-час наблюдается плавное увеличение количества железа в РЖ с 0 % (свежая РЖ) до 33,4 х 10^{-4} %. При наработке 1200 маш-час наблюдается резкое увеличение значения содержания железа до 42 х 10^{-4} %, а после 1250 маш-час содержание железа составляет 58 х 10^{-4} %, что свидетельствует о значительном увеличении износа, т.е., существенную потерю РЖ противоизносных свойств. Это приводит к увеличению износа элементов гидрооборудования и как следствие необходимости замены отработанной жидкости на свежую. Своевременная замена РЖ, безусловно, положительно отразится на эффективности эксплуатации СДМ.

Выводы

1. Коэффициент Kj, характеризующий противоизносные свойства РЖ, может использоваться в качестве критерия, определяющего ее сроки службы в гидроприводах строительных и дорожных машинах.

2. Срок службы РЖ Hydro HV 46 при использовании ее в гидроприводе автогрейдера GR165 составляет 1185 маш-час. При этом критическое значение коэффициента Kj составляет 0,2.

3. Рациональные сроки замены РЖ способствуют увеличению эффективности эксплуатации СДМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондаков Л. А. Машиностроительный гидропривод. М.: Машиностроение, 1978. 495 с.

2. Венцель Е. С. Улучшение эксплуатационных свойств масел и топлив: монография. Харьков: ХНАДУ, 2010. 224 с.

3. Венцель Є. С. Коефіцієнт протизношувальних властивостей як критерій визначення строків служби робочих рідин гідроприводів будівельних машин / Є. С. Венцель, О. В. Орел // Сборник научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение», ГВУЗ ПГАСА. 2010. Вып. 57. С. 113–118.

4. Севрюгина Н. С., Божанов А.А. Ресурсная модернизация самоходных машин // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт, ОрелГТУ. 2006. № 1–2. С. 77–80.

5. Севрюгина Н. С. Модернизация строительных и дорожных машин как фактор реализации целевых установок // Строительные и дорожные машины. 2007. № 7. С. 28-30.

Вендин С. В., д-р техн. наук, проф.
Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина
Трубаев П. А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ СВЧ ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛОСКОСЛОИСТЫХ ОБЪЕКТОВ

elapk@mail.ru

Рассмотрены вопросы расчета напряженностей электромагнитного поля при СВЧ обработке диэлектрических плоскослоистых объектов. Дается общая постановка задачи, в которой объект рассматривается, как структура, состоящая из нескольких плоскопараллельных слоев. Каждый объект характеризуется соответствующими электрофизическими характеристиками, характерными для диэлектрических сред.

В основу решения положены уравнения Максвелла для изотропной среды при отсутствии электрических зарядов. Приводятся: общее решение для плоскослоистой структуры, когда объект взаимодействует с плоской, монохроматической, линейно-поляризованной электромагнитной волной и матричная форма уравнений для определения комплексных коэффициентов

Ключевые слова: *СВЧ, диэлектрический объект, плоскослоистый, электромагнитная волна, напряженность электромагнитного поля, электрическое поле, магнитное поле.*

Важное место в технологических приемах СВЧ обработки занимают вопросы эффективности передачи СВЧ энергии от генератора к объекту, создание определенных условий в объекте по напряженности электромагнитного поля. В одном из случаев поставленная задача представляет собой электродинамическую задачу взаимодействия электромагнитной волны с диэлектрическими плоскослоистыми объектами (например обработка слоя материала на ленте под рупором антенны).

Решению вопросов распространения электромагнитных волн в плоскослоистых полупроводящих средах посвящено довольно много работ [1, 2]. Но учитывая, что в этих работах решаются отдельные конкретные задачи, приведем общее решение задачи распространения и отражения электромагнитных волн в плоскослоистых диэлектрических средах, имеющей важное значение при разработке технологических приемов, способов и технических средств для термической СВЧ-обработки диэлектрических материалов.

Согласно расчетной схемы задачи (рис. 1), будем полагать также, что объектявляется несовершенным диэлектриком, а электрофизические параметры внешней среды μ,ε,σ и каждого слоя объекта $\mu_j,\varepsilon_j,\sigma_j$ являются постоянными и однородными по всему объему, а средняя объемная плотность электрического заряда ρ равна нулю. Тогда, при незначительных изменениях электрофизических параметров вдоль линейных размеров для изотропной среды при $\rho = 0$с достаточной степенью достоверности имеют место соотношения:

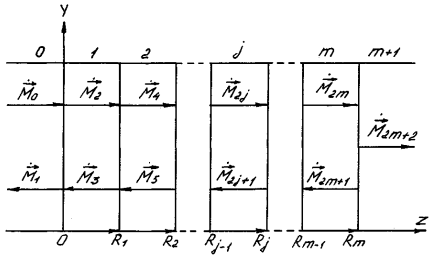
$$\vec{D} = \varepsilon\vec{E}, \vec{J} = \sigma\vec{E}, \vec{B} = \mu\vec{H}, \qquad (1)$$

где ε- диэлектрическая проницаемость среды; μ - магнитная проницаемость среды; σ - проводимость среды.

В этом случаеэлектродинамические аспекты состояния материальной среды, которая неподвижна относительно координатных осей, описываются уравнениями Максвелла [1, 2]:

$$\mathrm{rot}\vec{H} = \left[\sigma\vec{E} + \varepsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right], \varepsilon\mathrm{div}\vec{E} = 0,$$
$$\mathrm{rot}\vec{E} = -\mu\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}, \mathrm{div}\vec{H} = 0, \qquad (2)$$

где $\vec{D}$ - электрическая индукция; $\vec{E}$ - напряженность электрического поля; $\vec{H}$ - напряженность магнитного поля; $\vec{B}$ - магнитная индукция; $\vec{J}$ - плотность электрического тока;



$\vec{M}_{2j}$ - падающая ЭМВ, $\vec{M}_{2j+1}$ - отраженная ЭМВ, j = 0,1,2,…*m* +1.

Рис.1. К задаче распространения электромагнитной волнын полупроводящих плоскослоистых средах

Для решения уравнений (2) весьма эффективно использовать метод комплексных величин, т.е. принимать, что напряженности электрического и магнитного полей в любой точке пространства равны действительным частям комплексных векторов $\overset{*}{\vec{E}}, \overset{*}{\vec{H}}$ вида $\dot{\vec{A}}e^{i\omega t}$, где $\dot{\vec{A}}$ - комплексная величина, не зависящая от времени **t**.

Кроме того, полезно использовать комплексный вектор $\dot{\vec{M}}$, объединяющий напряженности электрического и магнитного полей. В таком случае, обозначим:

$$\overset{*}{\vec{H}} \pm i\nu\overset{*}{\vec{E}} = \dot{\vec{M}}e^{i\omega t}, \text{или} \dot{\vec{H}} \pm i\nu\dot{\vec{E}} = \dot{\vec{M}}. \qquad (3)$$

Тогда комплексный вектор $\dot{\vec{M}}$ в соответствии с (3) должен удовлетворять уравнениям:

$$\mathrm{rot}\dot{\vec{M}} = \pm k\dot{\vec{M}}, \mathrm{div}\dot{\vec{M}} = 0, \qquad (4)$$

где $k = \mu\omega\nu$ - коэффициент распространения ЭМВ; $\nu = \left[(\varepsilon\omega - i\sigma)/\mu\omega\right]^{\frac{1}{2}}$ - характеристическая проводимость среды; $\omega = 2\pi f$ - круговая частота ЭМВ; f - частота ЭМВ.

Для отыскания решения воспользуемся известным в математике приемом [3] и возьмем rot от первого уравнения (4):

$$\mathrm{rot}(\mathrm{rot}\dot{\vec{M}}) = \mathrm{graddiv}\dot{\vec{M}} - \nabla^2\dot{\vec{M}}. \qquad (5)$$

Тогда, с учетом (4) для комплексного вектора $\dot{\vec{M}}$ получим дифференциальное уравнение

$$\nabla^2\dot{\vec{M}} + k^2\dot{\vec{M}} = 0 \qquad (6)$$

Положим, что падающая на объект электромагнитная волна, является плоской с электрическим вектором, поляризованным вдоль оси **Y**, и распространяется вдоль оси **Z**. Тогда, для плоской ЭМВ в декартовых координатах справедливы соотношения [1]:

$$\frac{\partial\dot{\vec{H}}}{\partial x} = \frac{\partial\dot{\vec{H}}}{\partial y} = \frac{\partial\dot{\vec{E}}}{\partial x} = \frac{\partial\dot{\vec{E}}}{\partial y} = 0, \qquad (7)$$

с учетом которых, для вектора $\dot{\vec{M}}$ имеем аналогичные выражения:

$$\frac{\partial\dot{\vec{M}}}{\partial x} = \frac{\partial\dot{\vec{M}}}{\partial y} = 0 \qquad (8)$$

В таком случае, уравнение (6) с учетом (8) и оператора Лапласа ∇^2 [3] преобразуется к виду:

$$\frac{\partial^2\dot{\vec{M}}}{\partial z^2} + k^2\dot{\vec{M}} = 0. \qquad (9)$$

Уравнение (9) при замене векторов $\dot{\vec{H}}$ и $\dot{\vec{E}}$ на соотношения $\dot{\vec{H}} = \vec{i}\dot{H}$, $\dot{\vec{E}} = \vec{j}\dot{E}$ разделяется на два обыкновенных дифференциальных уравнения второго порядка

$$\frac{\partial^2\dot{H}}{\partial z^2} = -k^2\dot{H}, \frac{\partial^2\dot{E}}{\partial z^2} = -k^2\dot{E}. \qquad (10)$$

Решением уравнений являются функции вида:

$$\dot{E} = \dot{c}_1e^{ikz} + \dot{c}_2e^{-ikz},$$
$$\dot{H} = \dot{c}_3e^{ikz} + \dot{c}_4e^{-ikz}. \qquad (11)$$

Для коэффициентов $\dot{c}_1, \dot{c}_2, \dot{c}_3, \dot{c}_4$ имеют место равенства $\dot{C}_3 = \nu\dot{C}_1; \dot{C}_4 = -\nu\dot{C}_2$.

В таком случае напряженности электрического E и магнитного H полей в плоскослоистой структуре для нашего случая описываются выражениями вида:

$$\dot{E}_y = \dot{C}_1e^{ikz} + \dot{C}_2e^{-ikz},$$
$$\dot{H}_x = -\nu\left[\dot{C}_1e^{ikz} - \dot{C}_2e^{-ikz}\right] \qquad (12)$$

Индексы **"x", "y".**указывают вдоль какой оси поляризован вектор напряженности поля, знак (-) в выражении для $\dot{H}_x$ соответствует тому, что при такой поляризации ЭМВ вектор $\vec{H}$ направлен в сторону, противоположную оси **X.**

Коэффициенты при функции e^{ikz}соответствуют падающей ЭМВ, а коэффициенты при функцииe^{-ikz}соответствуют отраженной ЭМВ.

Как уже указывалось ранее, неизвестные постоянные в случае плоских электромагнитных волн можно определить из условий непрерывности тангенциальных составляющих напряженностей электрического**E**и магнитного **H** полей на границах раздела сред.

В общем случае напряженности электрического**E** и магнитного **H** полей в соответствии с (12) в каждом слое (рис. .1) при напряженности, падающей на объект ЭМВ, $\dot{E}_0$ определяются следующими выражениями:
при $\infty < z \le 0$

$$\dot{E}_{yo} = \dot{E}_o e^{ik_o z} + \dot{E}_1 e^{-ik_o z},$$

$$\dot{H}_{xo} = -\nu\left[\dot{E}_o e^{ik_o z} - \dot{E}_1 e^{-ik_o z}\right],$$

при $R_{j-1} < z \le R_j$, j = 1,2…m-1

$$\dot{E}_{yj} = \dot{E}_{2j} e^{ik_j z} + \dot{E}_{2j+1} \cdot e^{-ik_j z},,$$

$$\dot{H}_{xj} = -\nu_j\left[\dot{E}_{2j} e^{ik_j z} - \dot{E}_{2j+1} e^{-ik_j z}\right], \quad (13)$$

при $R_{m-1} < z \le R_m$

$$\dot{E}_{ym} = \dot{E}_{2m} e^{ik_m z} + \dot{E}_{2m+1} e^{-ik_m z},$$

$$\dot{H}_{xm} = -\nu_m\left[\dot{E}_{2m} e^{ik_m z} - \dot{E}_{2m+1} e^{-ik_m z}\right],$$

при $R_m < z < \infty$

$$\dot{E}_{ym+1} = \dot{E}_{2m+2} e^{ik_{m+1} z},$$

$$\dot{H}_{xm+1} = -\nu_{m+1} \dot{E}_{2m+2} e^{ik_{m+1} z}.$$

Условия непрерывности тангенциальных составляющих напряженностей электрического и магнитного полей на границах раздела сред имеет вид:

$$\dot{E}_{y0}(k_0,0) = \dot{E}_{y1(k_1,0)},$$

$$\dot{H}_{x0}(k_0,0) = \dot{H}_{x1}(k_1,0),$$

$$\dot{E}_{yj}(k_j R_j) = \dot{E}_{yj+1}(k_{j+1}, R_j), \quad (14)$$

$$\dot{H}_{xj}(k_j R_j) = \dot{H}_{xj+1}(k_{j+1}, R_j), j = 1,2...m-1,$$

$$\dot{E}_{ym}(k_m, R_m) = \dot{E}_{ym+1}(k_{m+1}, R_m),$$

$$\dot{H}_{xm}(k_m, R_m) = \dot{H}_{xm+1}(k_{m+1}, R_m),$$

Соотношения (14) с учетом (13) представляют систему уравнений относительно $\dot{E}_p (p = 1,2,...2m+2)$, которая в матричной форме имеет вид:

MP=N,(15)

где

$$M = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & 0 & 0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & 0 & 0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_{32} & q_{33} & q_{34} & q_{35} & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_{42} & q_{43} & q_{44} & q_{55} & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & q_{2m}^{2m+1} & q_{2m+1}^{2m+1} & q_{2m+2}^{2m+1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & q_{2m}^{2m+2} & q_{2m+1}^{2m+2} & q_{2m+2}^{2m+2} \end{bmatrix},$$

$$P = \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \\ . \\ . \\ . \\ . \\ \dot{E}_{2m+2} \end{bmatrix}, \qquad N = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ 0 \\ . \\ . \\ . \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$n_p \neq 0, p = 1,2$$

$$n_p = 0, p = 3,4,...2m+1$$

$$n_1 = -\dot{E}_0$$

$$n_2 = -\nu_0 \dot{E}_0$$

Формулы для определения значений элементов квадратной матрицы ***M*** ранга **2m+2** приведены в таблице 1. Элементы матрицы q_s^p имеют ненулевые значения только в рамках изменения индекса **s** , определенных таблицей 1. Кроме того, следует учесть, что индекс **s**не может иметь значений менее 1 и более **2m+ 2**, т.е. при пользовании таблицами следует иметь ввиду, что не существует элементов матрицы **M**, определенных следующим образом:

1) j =m + 1, P = 2j -1 = 2m+1, S=P + 2=2m+3,
q_{2m+3}^{2m+1}- не существует

2) j= m + 1, P =2j= 2m+2, S= P+1 =2m+3,
q_{2m+3}^{2m+2}- не существует

Отметим, что в общем случае определитель матрицы ***M*** не равен нулю, следовательно, решение системы уравнений (2.60) однозначно определяет комплексные коэффициенты $\dot{E}_p (P = 1,2,...2m+2)$.

Таблица 1

Формулы для определения значений элементов q_s^p квадратной матрицы М ранга 2m+1

(P - номер строки, S- номер столбца)

p / S	P-2	P-1	P	P+1	P+2
p=1	0	0	1	-1	p+2
p=2	0	$-\nu_0$	$-\nu_1$	ν_1	0
p=2j-1 j=2,3,…m+1	0	$e^{ik_{j-1}R_{j-1}}$	$e^{-ik_{j-1}R_{j-1}}$	$-e^{ik_j R_{j-1}}$	$-e^{-ik_j R_{j-1}}$
p=2j j=2,3,…m+1	$\nu_{j-1}e^{ik_{j-1}R_{j-1}}$	$-\nu_{j-1}e^{-ik_{j-1}R_{j-1}}$	$-\nu_j e^{ik_j R_{j-1}}$	$-\nu_j e^{-ik_j R_{j-1}}$	0

В заключение отметим, что непосредственный анализ и отыскание коэффициентов для плоскослоистых сред $\dot{E}_p$ можно осуществлять любыми известными в математике методами решения систем уравнений [3, 4]. Однако, используя метод определителей для решения системы (15)можно сразу определять значения коэффициентов $\dot{E}_p$ для **j**-го слоя, не проводя общего решения задачи.

Таким образом нами получено общее решение задачи распространения плоской линейно-поляризованной электромагнитной волны в среде с диэлектрическими плоскослоистыми объектами. Напряженности электрического и магнитного полей в каждом слое полностью определяются выражениями (13) и(15).

Мгновенные значения напряженностей электрического E и магнитного H полей в любой точке будут определятся, как действительные части комплексных векторов вида:

$$E_y = \mathrm{Re}\left[e^{i\omega t}\dot{E}_y\right], H_x = \mathrm{Re}\left[e^{i\omega t}\dot{H}_x\right].$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фальковский О.Н. Техническая электродинамика. М.: Изд. Связь, 1978. 432 с.

2. Кинг Р., Смит Г. Антенны в материальных средах. М.: Изд. Мир, 1984. Кн.1,2.

3.Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.:Изд. Наука, 1984. 835 с.

4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М.: Изд. Наука, 1964. 608 с.

Ефремова Н. В., канд. пед. наук, проф.,
Гененко О. Н., канд. пед. наук, доц.
Белгородский государственный институт искусств и культуры

ГОСТИНИЧНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

fakultetskd@rambler.ru

Исследование посвящено совершенствованию системы управления гостиничными комплексами в регионе. Предмет исследования составила система управления гостиничным комплексом на основе гостиничных цепей. Целью исследования является анализ системы управления гостиничными комплексами на основе гостиничных цепей и обоснование эффективности использования франчайзинга в гостиничных комплексах Белгородского региона (на примере гостиничного комплекса «AMAKS»). В процессе исследования рассматривались теоретические и методологические основы гостиничного менеджмента, региональный опыт управления гостиницами, анализ производственно-хозяйственной деятельности гостиниц, обосновано использование франчайзинга в гостиничном комплексе, произведен расчет экономической эффективности использования франчайзинга в гостиничном комплексе «AMAKS» г. Белгорода.

Ключевые слова: *гостиничный менеджмент, гостиничные услуги, гостиничные цепи, франчайзинг, эксплуатационная программа гостиницы, ликвидность, платежеспособность.*

В современных условиях туризм является одной из высокодоходных и динамично-развивающихся отраслей экономики. С развитием туризма связано и развитие гостиничного бизнеса. Гостиничное хозяйство как составная часть туристской деятельности по размеру ежегодного оборота вошло в число ведущих отраслей многих стран мира.

В условиях современности растущий спрос на гостиничные услуги, высокую экономическую эффективность их производства, обусловливают актуальную необходимость государственных и негосударственных структур многих стран проводить целенаправленную политику поддержки развития гостиничной индустрии, создавая благоприятные условия для ее модернизации и консолидации.

Сложившаяся сегодня система управления гостиницами, в определенной степени не отвечает требованиям современного рынка, и это приводит к экономическим потерям, не позволяет быстро реагировать на изменения окружающей среды в условиях развивающихся технологий в гостиничном хозяйстве, вызывает необходимость ее совершенствования. В связи с этим на первый план выступают задачи, связанные с созданием гибкой и рациональной системы гостиничного менеджмента, реализующей комплекс организационных мероприятий по эффективному использованию рыночного потенциала гостиничного комплекса. А глобализация и концентрация гостиничного бизнеса будет способствовать созданию крупных корпораций и гостиничных цепей. Такой подход позволит привлечь дополнительные ресурсы для развития. Благодаря гостиничному менеджменту, заключающему в себе технологические и методологические подходы в практической деятельности, то возможно скорректировать процесс воздействия субъекта управления на объект управления для достижения определенных эффективных целей, а также процесс производства решений [5].

Наиболее адекватное условие хозяйствования предлагает Лукичева Л.И. в учебном пособии «Основы менеджмента: менеджмент туризма», где представлена сложная многофункциональная система, многокритериальная модель динамически связанных элементов, функционирующих в условиях неопределенности. Следует отметить что, современный менеджмент, вобравший в себя достижения многих научных школ, в своей основе заключает информационные системы, методы количественных исследований и моделирования управленческих проблем, методы специализации предприятий на отдельном сегменте и диверсификация предложения, индивидуализация обслуживания и кооперации в области маркетинга, и возможность совместного ведения бизнеса, в том числе и с иностранными фирмами.

Отечественные разработки в области управления в научных трудах А.Д. Чудновского, Г.А. Папиряна, В.Г.Гуляева, В.С. Сенина, И.В. Зорина, В.А. Квартальнова, других авторов, дают основание утверждать что, зарубежный опыт, адаптированный к российским условиям, с учетом трансформации экономической системы, будет чрезвычайно полезен для развития предприятия, и что, гостиничный менеджмент как процесс управления в условиях различных форм собственности, может определить конкурентоспособность предприятия в условиях рынка.

Аспектный анализ процессов управления предприятиями различных отраслей показывает, что гостиничный менеджмент это особый вид управления и его сущность определяется спецификой объекта управления. Западные специалисты выявили особенности, определяющие природу гостиниц, в соответствии с которыми развивается управленческая политика предприятия. Ведущими являются следующие особенности:

функционирование гостиниц круглосуточно и все дни недели; присутствие сезонности продаж и неоднородности потребителей; наличие короткого цикл производства и исключение незавершенности производства; субъектное участие клиента в процессе обслуживания. Кроме того, процесс обслуживания ограничен во времени: в период падения спроса неполную загруженность предприятия нельзя возместить в последующие дни большего спроса; при увеличении спроса недостаточность средств обслуживания может стать причиной снижения доходов из-за невозможности полностью удовлетворить спрос. Место размещения определяется потребительским спросом. Предложение услуг и потребители связаны друг с другом, поэтому нельзя достичь эффекта экономии с помощью централизованных поставок для различных рынков. Предложение услуг клиенту ограничивает место обслуживания и уменьшает объемы операций [2].

Процесс обслуживания трудоемкий. Эффективность обслуживания зависит во многом от внимания и заботы персонала к клиенту, несмотря на увеличение применения новейших технологий и автоматизации процесса обслуживания.

Гостиничный продукт (комплекс услуг) неосязаемый, что усложняет его реализацию. Критерием качества продукта (услуги) является эмоциональная реакция клиента, которая зависит от эффективной работы персонала, а также от самого клиента.

Для гостиничного сектора характерна почасовая оплата труда, что усложняет мотивацию персонала к эффективной деятельности.

Множество факторов, определяющих политику гостиничного менеджмента, предопределило необходимость системного подхода к совершенствованию и развитию управления предприятием.

Проведенный аспектный анализ процесса управления в гостиничном секторе позволил определить основные цели менеджмента:

– повышение уровня конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках и обеспечение комплексного использования ресурсов;

– максимизация прибыли на основе максимального учета потребностей клиентов и упрочнения связей с общественностью;

– завоевание максимальной рыночной доли на основе экономического роста.

Для достижения указанных целей эффективного управления и воздействия субъектов управления на объекты управления, требуется поиск механизмов, которые обеспечат высокий уровень деятельности гостиничного комплекса.

Общепринято в научном мире и практической деятельности рассматривать механизм управления предприятием как инструмент повышения его конкурентоспособности, адаптивности и эффективности производства, источник его успеха[3].

Таким образом, механизм управления гостиницей – это система взаимосвязанных методов, определяющих уровень развития менеджмента и конкурентоспособности предприятий, отражающих особенности их функционирования и развития в современных условиях хозяйствования.

Для достижения успеха предприятия должны быть обеспечены организационные условия, то есть, разработана и внедрена соответствующая система управления. Причем применение эффективных методов управления может значительно улучшить показатели деятельности гостиничного предприятия даже при минимальных вложениях в модернизацию материально-технической базы, обучение персонала и продвижение услуг.

Гостиничное хозяйство занимает основное место в международном туризме. Туристские потоки непосредственно зависят от размера этого сектора индустрии туризма и качества предлагаемых помещений.

Проблемы гостиничного хозяйства (управление, финансирование, дизайн) являются основными для экономического анализа туризма. Экономический анализ гостиничного сектора, в свою очередь, основан на анализе эффективности вложенных инвестиций.

Гостиничный бизнес, являясь одним из видов экономической деятельности, прямо или косвенно создает рабочие места и является важным средством пополнения казны иностранной валютой. Главный потенциал развития современных гостиничных предприятий находится в уровне менеджмента. Опыт показывает, что ни разработка и реализация эффективной стратегии, ни успешные организационные изменения в гостинице невозможны, если у нее нет действу-

ющего механизма управления организационными знаниями, а высокие показатели эффективности управления недостижимы без централизации управления, формирования целостной административной системы, отвечающей требованиям современного менеджмента [4].

Гостиничный бизнес, являясь одним из видов экономической деятельности, прямо или косвенно создает рабочие места и является важным средством пополнения казны иностранной валютой, что обуславливает процесс освоения новых концепций гостиничного бизнеса и модернизации старых.

Глобализация и концентрация гостиничного бизнеса проявляются в создании крупных корпораций и гостиничных цепей. Такой подход позволяет гостиничным предприятиям перегруппироваться и привлечь дополнительные ресурсы для развития своего бизнеса. Гостиничные предприятия концентрируются через создание союзов или ассоциаций, не нарушающие их юридическую и хозяйственную самостоятельность, но позволяющие проводить совместные маркетинговые программы, вести исследовательскую деятельность, формировать единую систему подготовки и переподготовки кадров.

Экономический анализ гостиничного сектора свидетельствует об эффективности инвестиций именно в гостиничные цепи, а не в отдельные гостиничные хозяйства. В мировой практике существуют два основных вида гостиничных цепей: интегрированные цепи, которые созданы из однородных единиц, и гостиничный консорциум, который объединяет независимые отели. Интегрированные гостиничные цепи производят и продают однородный продукт. Они управляются прямо или косвенно через франчайзинговую систему или по контракту на управление.

В России законодательно не закреплены отношения гостиничных хозяйств в интегрированных цепях, как во всем мире. Но в настоящее время делаются попытки создания интегрированных гостиничных цепей и в регионах России. Например, создание на территории города гостиничного комплекса категории «три звезды» на базе действующей центральной гостиницы, в перспективе – формирование гостиничной цепи, объединяющей ряд других гостиничных комплексов региона, что в определенной степени повлияет на повышение качества обслуживания, и обеспечит возможности приема и проживающих, которые предъявляют повышенные требования к комфортности своего пребывания, создание условий для развития «делового туризма», проведение различных бизнес-мероприятий, в осуществлении маркетинговой деятельности, приобретении оборудования, объединении в компьютерную систему бронирования (КСБ), которая позволяет агентам забронировать номер прямо с экрана компьютера, иметь представительство во всех системах резервирования.

Всё это создало бы мощный импульс к развитию гостиничной отрасли в России, включая все её регионы. Следует отметить, что и в регионах есть цепочки, есть свои управляющие гостиничные компании. Но пока ещё невозможно сказать, что созданы полноценные гостиничные цепи. Не у всех управляющих компаний есть четкие внутренние концепции на внешнее управление, внутренние стандарты качества предоставляемых услуг, стандарты обслуживания, стандарты на технологические процессы, стандарты контроля, стандарты подготовки кадров и другие. Факторы, определяющие политику гостиничного менеджмента, предопределяют необходимость дальнейшего исследования и определения путей совершенствования управления гостиничным предприятием.

Современные требования к гостиничному хозяйству уже сегодня обусловили основные цели системы менеджмента, которыми являются: повышение уровня конкурентоспособности на основе обеспечения комплексного использования ресурсов; максимизация прибыли на основе максимального учета потребностей клиентов и упрочнения связей с общественностью; завоевание максимальной рыночной доли на основе экономического роста, использование различных механизмов управления в виде системы взаимосвязанных методов, определяющих уровень развития менеджмента и конкурентоспособности предприятий, а также отражающих особенности их функционирования и развития в современных условиях хозяйствования.

Сегодня доля России составляет всего 1% в мировой индустрии гостеприимства. На одном из заседаний Правления Российской Гостиничной Ассоциации, обсуждая проблемы развития индустрии гостеприимства в стране, была поставлена задача создания национальных российских гостиничных цепей, о наработке своих гостиничных брэндов, и, конечно, о создании профессиональных управляющих компаний, которые смогли бы предложить владельцам гостиниц внешнее управление. Всё это создало бы мощный импульс к развитию гостиничной отрасли в России, включая все её регионы. В России существуют различные формы управления гостиничными предприятиями, активно используется зарубежный опыт, умело используют специфику отрасли, применяют имеющийся опыт в решении задач антикризисного управления гостиничными предприятиями, используют возможности создания механизмов контроля качества обслуживания, показывают способность эффективного управления, изыскивают средства для инвестирования в новую инфраструктуру гостиниц и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система классификации гостиниц и других средств размещения: Приказ Ростуризма от 21 июля 2005 г. N 86 // Справочная правовая система «Консультант Плюс». Разд. «Законодательство». Информ. банк «Версия Проф».

2. Галынин С. Что нам стоит отель построить? // Отель. 2008. № 4. С. 8-20.

3. Рогачев А. Ф. Гостиничные цепи, как фактор повышения конкурентоспособности гостиничного хозяйства / Региональный потребительский рынок: проблемы и перспективы развития. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под ред. И. В.Скопиной. Киров: Изд-во ВятГУ, 2009. С. 122-125.

4. Туризм и гостиничное хозяйство: учеб. пособие / под ред. Л. П. Шматько. М.: Изд-во Марат, 2009. 352 с.

5. Яковлев Г. А. Экономика гостиничного хозяйства: учеб. пособие. М.: Изд-во РДЛ, 2009. 224 с.

6. AMAKS GRAND HOTELS Российская сеть отелей №1. Наши отели. Отель «Южная» г.Белгород [Электронный ресурс]. URL: http://amaks-hotels.ru/?cityID=10&sub=address. Дата обращения: 25.05.2013

Ильина Л. В., канд. биолог. наук, доц.,
Шатковская Н. А., канд. хим. наук, доц.,
Швецова М. Ж., канд. сел.-хоз. наук, ст. преп.,
Белгородский университет кооперации, экономики и права

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ И ВИТАМИНА С В ПИЩЕВОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

IlinaLV@livt.bukep.ru

Целью данного исследования было выявление изменения концентрации нитратов и витамина С (аскорбиновой кислоты) в продуктах растительного происхождения при традиционном способе приготовления – варке овощей и современном популярном способе быстрого приготовления – в микроволновой печи. Содержание нитратов изменяется в зависимости от способа термической обработки. При варке концентрация нитратов существенно уменьшается, при обработке овощей в микроволновой печи во всех образцах удельная концентрация нитратов существенно возрастает. Содержание витамина С существенно снижалось по сравнению с исходным в свежем сырье при любом способе термической обработки.

***Ключевые слова**: пищевое сырье, нитраты, витамин С, термическая обработка.*

Безопасность продуктов питания один из основных факторов, обеспечивающих здоровье людей и сохранение генофонда нации. В настоящее время определены критические контрольные точки для большого числа вредных и чужеродных веществ в пищевом сырье и готовой продукции [1]. При этом важно установить может ли опасный продукт появиться в продукте из сырья, или при его переработке и на каком уровне, обеспечивает ли технологический процесс безопасность готового продукта за счет снижения уровня опасного фактора или может привести к его возрастанию до опасного уровня [4]. Кроме того, важно учитывать содержание природных соединений, способных снижать концентрацию вредных веществ или их токсическое воздействие [5]. Известно, что при традиционной термической обработке снижается концентрация нитратов и многих водорастворимых витаминов [6]. Количественных характеристик этих параметров при современных способах термической обработки недостаточно.

Нитраты и нитриты широко распространены в природе, они являются нормальными метаболитами любого живого организма, как растительного, так и животного происхождения. При первичной фиксации атмосферного азота азотфиксирующими бактериями образуется аммиак. Поскольку аммиак в чистом виде для живой клетки токсичен, растения используют (извлекают из почвы) нетоксичные нитраты, которые образуются в почве благодаря нитрифицирующим бактериям. Нитраты – основной источник усвояемого азота, необходимого для синтеза аминокислот и белков. В состав аминокислот, и других азотсодержащих органических соединений растений входит восстановленная форма азота, поэтому нитриты в растениях восстанавливаются до аммиака, а в биосинтезе аминокислот используются аммонийные соединения азота, которые в α-аминокислотах образуют аминогруппу. В организме животных в процессе метаболизма высвобождающийся аммиак может превращаться в мочевину или мочевую кислоту, и в таком виде выводятся из организма.

В растениях нитраты являются нормальным продуктом для обмена азота. Неудивительно также, что растения запасают в особо больших количествах нитраты в плодах и корнеплодах, которые дают жизнь новым поколениям растений. Этот запас нитратов обеспечивает ускоренный синтез аминокислот и белков в растущем и развивающемся растении. Поэтому нитриты и нитраты не являются для растений вредными или токсичными веществами.

Совершенно другое воздействие оказывают нитросоединения на организм человека и высших животных. Повышенное количество нитратов в пище приводит к образованию нитритов в результате восстановления в пищеварительном тракте.

Механизм токсического действия в организме заключается в их взаимодействии с гемоглобином крови и образовании метагемоглобина, неспособного связывать и переносить кислород. 1 мг нитрата натрия может перевести в метагемоглобин около 2000 мг гемоглобина. Согласно данным ВОЗ, допустимая концентрация нитратов у человека составляет 0,2 мг на килограмм тела. При суточной дозе 200-300 мг отмечается острая интоксикация, при дозе 300-2500 мг наблюдается летальный исход. При одноразовой дозе 1-4 г нитратов у человека наступает острое отравление, а доза 8-14 г может оказаться смертельной. Кроме того, из нитратов в присутствии различных аминов могут

образовываться N-нитрозамины, которые в зависимости от природы радикала могут обладать канцерогенным, мутагенным или терратогенным действием [3].

Основными источниками поступления нитратов и нитритов в организм человека являются растительные продукты. Содержание нитратов и нитритов в растениях может колебаться в очень широких пределах и зависит от следующих факторов: индивидуальные особенности растений, существуют так называемые «растения – накопители нитратов» – это листовые овощи и корнеплоды; степень зрелости плодов – недозрелые овощи, картофель и овощи ранних сроков созревания содержат больше нитратов, чем достигшие нормальной зрелости; возрастающее и бесконтрольное применение азотистых удобрений – неправильная дозировка и сроки внесения удобрений в почву; использование гербицидов.

Для предотвращения образования N-нитрозаминов реально лишь снизить содержание нитратов и нитритов, так как спектр нитрозируемых аминов и амидов очень велик. Снижение синтеза нитрозаминов обеспечивает достаточно высокое содержание в организме аскорбиновой кислоты – витамина С или изоаскорбиновой кислоты, и их натриевых солей.

Витамин С содержится также как и нитраты, в продуктах растительного происхождения. Витамин С крайне нестоек, и высокое содержание в традиционных продуктах питания, например, в картофеле и капусте, отмечается только в небольшие сроки после сбора урожая. При хранении содержание витамина резко снижается. При термической обработке любых плодов и овощей аскорбиновая кислота разрушается еще быстрее.

Целью данного исследования было выявление изменения концентрации нитратов и витамина С (аскорбиновой кислоты) в продуктах растительного происхождения при традиционном способе приготовления – варке овощей и современном популярном способе быстрого приготовления – в микроволновой печи.

В данной работе были использованы образцы овощей из розничной торговли (образец 1) и с продуктового рынка (образец 2). Все образцы перерабатывались параллельно до состояния готовности способом традиционной варки в подсоленной воде, и прогреванием в закрытой посуде в микроволновой печи при средней мощности (500 – 600 w) в течение 2-3 мин. Для анализа готовились гомогенаты образцов продукции с последующим анализом вытяжки. Для непосредственного определения нитратов в различных образцах вытяжки разбавляли раствором алюмокалиевых квасцов при отношении навески и раствора 1:5.

Содержание нитратов в овощах определяли потенциометрическим методом с помощью ионоселективного электрода. Метод основан на определении концентрации нитрат-ионов путем измерения разницы потенциалов между двумя электродами, где электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод ЭБЛ-1М1, в качестве индикаторного электрода был использован ионоселективный электрод ЭИ-NO_3-01. Потенциал такого электрода зависит от активности определяемого иона (NO_3) в растворе. Измерения производились на потенциометре ЭВ-74 методом градуировочного графика с использованием растворов сравнения, приготовленных из основного раствора азотнокислого калия с концентрацией 0,1 моль/л, путем разбавления его раствором алюмокалиевых квасцов по методике [2].

Содержание аскорбиновой кислоты в образцах определяли методом визуального титрования, используя окислительно-восстановительную реакцию с 2,6-дихлорфнолиндофенолятом натрия (реактив Тильманса) [6]. Титрование проводили до появления слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 30 с.

Оценку качества продукции проводили в соответствии с допустимыми уровнями содержания нитратов в растительной продукции [1, 5].

Из результатов анализа следует, что содержание нитратов изменяется в зависимости от способа термической обработки. При варке концентрация нитратов существенно уменьшается во всех образцах, что объясняется частичным вымыванием их в водный раствор. При обработке овощей в микроволновой печи во всех образцах удельная концентрация нитратов существенно возрастает. Это происходит благодаря потере воды, даже при приготовлении в закрытой емкости.

Как видно из таблицы 1, концентрация нитратов в образцах картофеля, капусты и моркови, приготовленных в микроволновой печи достигает, и даже превышает критические допустимые пределы. Исходное сырье, если сравнить образцы 1 и 2 всех взятых овощей, имеет различную исходную концентрацию нитратов. В нашем опыте эта концентрация почти во всех образцах ниже предельно допустимого уровня. В процессе переработки в готовый продукт, например, в заготовку для салатов или гарнир, концентрация изменяется, не всегда в лучшую сторону.

Таблица 1

Содержание нитратов в овощной продукции при различных способах термической обработки

Пищевой продукт	Способ обработки	Содержание нитратов				Допустимый уровень нитратов, мг/кг
		$pCNO_3^-$		CNO_3^- (мг/кг)		
		Образец		Образец		
		1	2	1	2	
1.Картофель	а) свежий	3,25	3,05	202	320	250
	б) вареный	3,35	3,20	101	227	
	в) СВЧ	3,15	3,0	255	366	
2.Капуста белокочанная (поздняя)	а) свежий	3,10	3,45	291	130	500
	б) вареный	3,20	3,65	231	81,9	
	в) СВЧ	2,75	3,05	650	259	
3. Морковь (поздняя)	а) свежий	3,18	3,50	242	116	250
	б) вареный	3,25	3,43	206	136	
	в) СВЧ	3,10	3,20	291	231	
4.Свекла столовая	а) свежий	2,82	2,55	544	1013	1400
	б) вареный	3,10	2,75	286	639	
	в) СВЧ	2.70	2,45	717	1276	

Таблица 2

Динамика изменения концентрации нитратов в овощной продукции при различных способах термической обработки

Пищевой продукт	Допустимый уровень нитратов, мг/кг	Способ обработки	Концентрация нитратов по отношению к допустимому уровню	
			образец	
			1	2
1.Картофель	250	а) свежий	О,80	1,38
		б) вареный	0,40	0,90
		в) СВЧ	1.02	1,46
2.Капуста белокочанная (поздняя)	500	а) свежий	0,58	0,26
		б) вареный	0,46	0,16
		в) СВЧ	1,30	0,52
3.Морковь (поздняя)	250	а) свежий	0,97	0,46
		б) вареный	0,82	0,54
		в) СВЧ	1,16	0,92
4. Свекла столовая	1400	а) свежий	0,39	0,72
		б) вареный	0,20	0,46
		в) СВЧ	0,51	0,91

В таблице 2 приведены изменения концентрации нитратов относительно допустимого уровня. Во всех исследованных продуктах, приготовленных в микроволновой печи можно отметить существенное повышение концентрации нитратов, причем, в картофеле, капусте и моркови выше предельно допустимого.

В данной работе для исследования использовалось сырье с невысокой исходной концентрацией нитратов, но и для него можно считать неблагоприятным использование СВЧ для получения готовой продукции. В случае более высокой исходной концентрации нитратов, а возможно и других вредных факторов, приготовление овощей в микроволновой печи может привести к получению вредных для здоровья человека готовых продуктов.

Одновременно в образцах продукции определяли динамику содержания витамина С. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Содержание витамина С существенно снижалось по сравнению с исходным в свежем сырье, при варке за счет вымывания в водный раствор на 30-50%, в квашеной капусте более чем в 10 раз. При обработке продуктов высокочастотными токами содержание витамина С в картофеле и капусте уменьшилось значительнее, чем при варке, в квашеной капусте и моркови разрушение витамина также велико по сравнению с исходным сырьем.

При исследовании различных образцов плодоовощного сырья нами было установлено, что при традиционной варке овощей содержание нитритов и витамина С существенно снижается.

При обработке овощей в микроволновой печи концентрация нитритов в образцах существенно увеличивалась, вплоть до критических допустимых пределов. Полученные данные показывают, что при любом способе термической обработки невозможно одновременно достичь и безопасного уровня содержания нитритов, и сохранения высокой концентрации витамина С. Использованные методы исследования позволяют оценить безопасность и пищевую ценность пищевой продукции при различных способах термической обработки растительного сырья.

Таблица 3

Содержание витамина С в овощной продукции при различных способах термической обработки

Пищевой продукт	Способ обработки	Содержание витамина С, мг/100г	Содержание витамина С, % от исходно**о**
1. Картофель	а) свежий	5,3	100
	б) вареный	3,5	66,0
	в) СВЧ	2,1	39,6
2. Капуста белокочанная (поздняя)	а) свежий	38,7	100
	б) вареный	18,5	47,8
	в) СВЧ	11,3	29,2
3. Капуста квашеная	а) свежий	10,5	100
	б) вареный	1,1	7,3
	в) СВЧ	1,6	15,2
4. Морковь столовая	а) свежий	3,2	100
	б) вареный	1,7	48,0
	в) СВЧ	1,5	52,0

Контроль за содержанием витамина С в плодоовощном сырье позволяет установить комплекс мер и стратегию питания, а также выбор способа тепловой обработки продуктов в зависимости от сезона, времени и способов хранения плодов и овощей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. (СанПиН 2.3.2.1-78-01). Приложение 7. – М.: Минздрав России, 2002. – 166с.

2. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. МУ 5048-89. М., 1989.

3. Рыбальский Н.Г., Савицкий А.И., Малярова М.А Горбатовский В.В. Экология и безопасность: Справочник: В 3 т. – М.:ЭКИП Ауто, 1994. – Т.1,ч.1.

4. Спиричев В. Б. Исследование фактического питания и обоснование рекомендуемых размеров потребления витаминов. Вопросы питания.-1990

5. Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания.– М.:1993.-143с.

6. Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. – М.: Колос, 2002. – 424 с.

Калинина Г. Н., канд. философ. наук, доц.,
Белгородский государственный институт искусств и культуры

АКСИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАДОКСЫ ЗНАНИЯ НА ГРАНИЦАХ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

galakalinina@inbox.ru

В данной статье осуществляется анализ и философская проблематизация аксиологических парадоксов и коллизий современного «рацио» на границах науки; на основе этической рациональности задаются аксиологические границы науки и превращенных форм знания («другого знания»); обосновывается необходимость нравственного обеспечения современных стратегий научного поиска.

Ключевые слова: наука, культура, знание, «другое знание», рацио, экзистенция, аксиологические парадоксы, границы, научный этос, нравственность, этическая рациональность, риски, социальная ответственность ученого.

К настоящему времени совершенно очевидно, что на этапе современной науки нормы взаимодействия внутри научного сообщества дополняются требованием социальной ответственности учёных, актуализируя проблему взаимоотношений науки и учёных с обществом. Понятие «этос науки» в значении совокупности моральных императивов, нравственных норм, принятых в научном сообществе и определяющих поведение учёного, виде четырёх «институциональных императивов» науки [1: 270], резюмирует в себе понимание того важного обстоятельства, что благодаря кооперации и сотрудничеству как между отдельными учёными, так и между поколениями учёных), происходит прогресс науки. Вырабатываемые в процессе коммуникативного общения нормы этоса науки являются результатом исторического отбора необходимых науке и обществу правил поведения, выражающих общечеловеческие моральные требования.

К сожалению, надо признать, что на сегодняшний день сформировался тип знания о мире, в явной форме не имеющий своего «социального измерения», где социальный контекст научно-познавательной деятельности устанавливается таким образом, что на рефлексивном уровне выступает не социальная значимость знания (как это должно, в принципе, быть), а проблема его роста. Нравственный компонент был недопустимо, вычеркнут, изъят из сферы научного мышления. Излишне говорить, что подобная исторически оформленная установка на этическую нейтральность знания и науки сегодня в условиях рискогенных катастроф (в том числе и в области генной инженерии с ее непредсказуемыми рисками для человека) вызывает, по меньшей мере, негодование и протест здравомыслящей общественности, осознающей ее ограниченность. В самом деле, в ходе такого шага был выбран (из ряда возможных) безальтернативный вариант современного естествознания, развитие альтернативных путей было пресечено. В результате утвердилась парадигма социальной структуры науки, в рамках которой научная деятельность включалась в традицию специализированной системы образования и организовывалась в институты, чья динамика покровительствовала эгоцентричным интересам научного исследования и в своем воспроизводстве в конечном итоге вылилась в «чистую» науку. С тем, чтобы «увязать» объективное естествознание с целями культурной, политической и социальной эмансипации, сегодня все более активизируются попытки формирования когнитивной альтернативы положительной науке; при этом отмечается, что границы и ограничения для социальной реконструкции науки лежат прежде всего в обществе, а не в науке.

На связь современного системного кризиса с мировоззренческой трансформацией (как результата геометризации галилеевской физики) указал одним из первых Э. Гуссерль. Было показано, что галилеевская физика, абстрагировавшись от субъектов как личностей и отвлекшись от культурных контекстов научных конструкций, трактует «мир науки», в основе которого лежат теоретические схемы, как сферу только телесных вещей, утверждая, что это и есть «природа на самом деле» в ее доподлинном виде. Понятия «мира реального» и «мира физического» предстают в таком случае как синонимы, реальность оказывается отождествленной с «физической реальностью» [2: 142], в то время как очевидность духовной компоненты «выпадает» из физической картины мира в качестве мировоззрения.

Как отмечает Л. Микешина, «с введением «жизненного мира» и осознанием присутствия человеческих смыслов в основании науки Гуссерль, по существу, признал объективную значимость культурно-исторических и социально-психологических параметров познания, хотя и остался противником психологизма в традиционном (индивидуально-психологическом) смысле» [3: 402]. Все это, по нашему мнению, делало образ целостного научного знания привлекательно аксиологически нагруженным (в сравнении, скажем, с сугубо рациональным, логическим дискурсом).

С учетом угроз и рисков техногенной цивилизации вопрос об аксиологических границах науки, о роли гуманитарной экспертизы, где в числе приоритетных поднимались бы прежде всего морально-этические аспекты знания, обретает дополнительную актуальность. Это восстановление прежде всего, человеческих смыслов, смыслополагания, которые лежат в основе науки, и о которых говорил в М. Хайдеггер, указывая на очевидность парадоксальных издержек разума. Отмечая факт прогрессирующих процессов трансформации человека как живого существа в субъект предметного мира, он не случайно подчеркивал факт обретения современным человеком такого «суверенитета», который в итоге оказался чреватым утратой человеком самого себя, «растворив» его в собственных творениях, заслонив от самого себя собственными, но «отчужденными» предметами [4: 229]. Эта мысль созвучна также философии К. Ясперса, которому свойственно усиление этических аспектов критической рефлексии науки, почти эпохальное осознание их на уровне личного душевного надрыва по вопросу судьбы современной цивилизации. Философ предлагает взглянуть на проблему дальнейших перспектив развития научно-технического разума с позиций этоса науки и социально-этической ответственности ученых. Для нас данное положение представляется особенно важным, поскольку речь в данном случае идет об аксиологической составляющей научного знания, о сфере его компетенции в границах этической рациональности. Стоит ли сомневаться, что там, где знание, лишенное целостного мировоззрения, лишь правильно, оно ценится по своей технической пригодности, а вера в результаты науки без осознания их смысла способствует ее перерождению в суеверие, которое уничтожает возможность как подлинного знания, так и истинной веры [5: 370].

В русле границ целесообразной деятельности в мире, границы техники в одном из аспектов связаны с границами жизни: с ними связан человек в своем существовании, они же, согласно Ясперсу, полагаются непременным условием существования «моего малого мира». То есть всякое техническое действие в смысле возможности делания имеет свою границу в действительности жизни, души и духа. Между техническим владением вещами и свободной коммуникацией экзистенций лежит поприще заботы и воспитания, - границы «опеки и воспитания», при том, что в самом принципе установлена граница этой деятельности, как условие целенаправленного целеполагания со стороны заботящегося – это самостоятельность. Мысль Ясперса о том, что у человека всегда остается опасная возможность свободной трактовки «жизни, души, духа» как механически используемого материала, заставляет задуматься о специфических границах нашей деятельности в силу неадекватности метода материалу в типически обманутых ожиданиях и в разрушении самостоятельных единиц, актуальна как никогда [6: 143-144].

Определение перспективной стратегии человечества невозможны без повышения эффективности управления научно-техническим прогрессом, без «снятия» парадоксов разума, «вооруженного интеллектом» и приведения его в соответствие с запросами, гуманистическими ценностями и интересами общественного развития. С позиций этологии и эволюционной эпистемологии на природу планетарного социально-экологического и социокультурного кризиса, с научной и нравственной критикой техногенной цивилизации, выступил К Лоренц, по которому человеческая экологическая ниша, которая конструируется разумом в масштабах Вселенной, требует нравственности, адекватной масштабам макро, мезо- и микроуровня, постигаемых в эволюционном процессе познания. Основы новой, эволюционистской этики

С особой «прозрачностью» аксиологические парадоксы и «приключения разума» выявляют себя (и происходят) на общем фоне кризисных тенденций, так или иначе вращаясь в орбите проблематики судеб постнеклассической научной рациональности. В существе своем все перипетии разума были (и порождаются сейчас) гетерогенной природой самой науки и (в границах исторической дихотомии «научное-ненаучное) разным пониманием науки и научности. На сегодняшнем этапе радикального переосмысления представлений о рациональном знании вообще и научном знании, в частности, стало очевидным: процесс познания осуществляется в многообразных, взаимосвязанных социально-культурных формах (в том числе отклоняющихся от общепринятых в традиционной науке норм и стандартов) и не может быть сведен к какой-либо универсальной форме знания. На смену прежней восторженной вере в рациональность, как в образец классического естествознания, приходит рациональность иного, «открытого типа», которая, «в духе» новейших неклассических тенденций, включает в себя и интуицию как «непосредственное», мистическое постижение, и ассоциацию, и метафору, и мно-

гоальтернативность, и взаимоисключающие возможности, и прочие составляющие широкой познавательной сферы.

Вместе с тем нельзя не видеть, что современные концепции науки, по-разному объясняющие ее природу, функционирование и развитие, под наукой понимают, прежде всего, естественный ее тип, И хотя они не столько отрицают, сколько дополняют друг друга, тем не менее отечественное науковедение, ориентированное на идеал «строгой науки», традиционно сохраняет ориентацию на обобщение опыта естественной науки. Так, говоря об увеличении познавательной силы и возможностей науки в плане изучения определенного явлении, и имея в виду, прежде всего, естественную науку и связанную с ней техногенную реальность, Е.А. Мамчур в качестве одного из основных критериев объективности научного знания называет эксперимент и техническую практику. «Большую роль в изменении стандартов и норм научности играет экспериментальное начало (под которым в данном случае имеется в виду не только эксперимент, но и использование теоретических результатов в практике, их техническое применение) [7: 215].

Действительно, физическую реальность подтверждает не только современная техника, ее удостоверяет в целом техногенная цивилизация, демонстрируя процессы нарастания прагматических установок в методологическом сознании науки. Свои глубинные онтологические основания прагматическая установка приобрела в Новое время, которое, собственно, «освятило» важность практической эффективности истинного знания, укрепляя тем самым деятельность, основанную на знании. Парадокс, однако, в том, что по мере нарастания прагматического элемента в использовании научного знания, элемент, дающий онтологическую мотивацию научно-познавательной деятельности, стал отодвигаться на периферию. К началу же XX столетия он практически исчезает, вымывается из методологического сознания науки. Хотя территория, свободная от монополии естествознания, продолжает сохраняться в виде гуманитарной и социальной наук, эзотерической практики, не взирая на экспансию естествознания.

Таким образом, анализ аксиологических границ науки и превращенных форм знания позволило нам прийти к выводу о необходимости актуализации нравственного обеспечения познавательного процесса, употребления разума во благо человечества. Указанные детерминации позволяют придать факторам, образующим этос науки, статус своего рода «ограничительного механизма» по предотвращению деструктивных, негативных результатов интеллектуальной (инженерно-ориентированной, прежде всего) деятельности человека, а также усилить философскую аргументацию данных процессов с позиции обоснования актуальности мировоззрения, способного дать стратегию решения глобальных проблем современности. Наука, говорит Ясперс, (имея как слово философский смысл знания в единстве знания) исполняется не сама собою, но только в том, что экзистенция в ориентировании в мире, будучи отброшена этим ориентированием к самой себе, делается для трансценденции, а потому это ориентирование не остается просто знанием о *чем-то*, но становится *нахождением себя самого в мире* [8: 158]. В этом мы видим глубокий философский смысл, проблематизация и обращение к которому дает «лишний» повод задуматься о судьбах нашей планеты в третьем тысячелетии и о роли науки в выборе правильных познавательных стратегий.

В данной связи, понимая трудность «удержания» единства и многообразия мира культуры, вылившуюся в реальный кризис проблемы культуры и человека, Э. Кассирер указывал на важность возрождения идеи объединения многообразия концепций и представлений вокруг интегрирующей идеи, сообщающей единый смысл и ценность этому многообразию и способной направлять все индивидуальные стремления, попытаться соединить, унифицировать частные аспекты и перспективы на общем фоне антагонизма идей, угрожающего в полной мере всей нашей этической и культурной жизни [9: 25]. Причем здесь угроза двоякого, дополняющего друг друга, рода: с одной стороны, «эффект Прокруста» - интеллектуальное (и физическое насилие над культурой и человеком, как следствие подмены целостности человеческой сущности каким-то ее проявлением, подчинения многообразия одному из его аспектов. С другой, - как сочетание различных (в том числе, противоположных, обесцененных взаимной безразличностью) воззрений, релятивизм, дискредитирующий человеческое бытие, из которого уходит высокая трагедийность, низводясь до «бессмысленного и пошлого пребывания» [10: 4]. Возможно, это те самые смысловые потенциалы культуры, которые, будучи «укорененными» в структуре антропологических представлений европейской традиции, находят выражение не только в общепризнанных формах и методах познания, но также в маргинальных, «недовоплощенных», не подпадающих под отождествление разума с его упрощенной моделью и выступающих как «особый» и одновременно закономерный, естественный «случай» взаимосвязи интуитивного и рационального,

целостного и партикулярного [11: 6]. Концептуальная разнородность подходов отдает должное самым разным, в том числе и донаучным, социально-когнитивным формам в генезисе научного познания [12: 255]. Отсюда - узкосциентистский негативизм, демонстрирующий пренебрежение к отличным от науки, познавательным формам (их ущербность) создает дополнительную почву для типичных на сегодняшний день обвинений по неприятию иных идейных ориентаций, по узурпации наукой прав на познание мира; они же формируют неадекватные представления о науке как методологически монолитном образце познания, невзирая на многотрудный объективный опыт ее реально-исторического бытия.

По мере все возрастающей критики науки (и научности), ее культуросозидающих способностей, функции которого поставлены под большое сомнение (вплоть до утраты таковых), мы вполне разделяем позиций ученых, в отношении того, что недальновидно строить крепость новой науки, окружая ее строгими демаркациями, методологическими барьерами и прочими защитительными укреплениями, не втягивая в сферу разума сферу человеческой духовности, не растворяя, однако, разум в последней, но возвышая духовность до Разума, соединяющего в себе Истину с Красотой и Благом [13: 7]. Позитивно то, что все более сегодня признается нецелессообразность полной рационализации познавательного процесса и «жизненного мира» человека; утверждается значение (и значимость) актуализации иррациональных пластов внутреннего мира человека, отрицается мировоззренческая «презумпция» науки и научный рационально-логический дискурс в качестве парадигмального, соответственно; подвергаются критике «эпистемологические претензии» науки [14: 18].

Таким образом, пересмотр познавательно-ценностных границ науки актуализирует проблематику гуманитарной экспертизы по использованию научного и всех видов практически ориентированного знания. С этой позиции философская рефлексия аксиологических парадоксов на границах современной науки резюмируется в тезисе о необходимости перехода к такой парадигме философии науки, в основу которой положена этическая рациональность, сопряженная с идеями синергетического (системного) мировидения и биосферной этики человечества (в «духе» коэволюции человек-природа-общество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Merton R. K. The Normative Structure of Science // The Sociology of Science. N. W.; Chicago, 1973. P. 270-273.

2.Гуссерль Э. Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология // Вопросы философии. 1992. № 7. С 142-146.

3.Микешина Л.А. Философия познания. Полемические главы. М. 2002. 624 с.

4.Хайдеггер М. Бытие и время. М.: ООО «Изд-во АСТ». 2003. 470 с.

5.Ясперс К. Смысл и назначение истории М.: Эго. 1994. 370 с.

6. Ясперс К. Философия. Книга первая. Философское ориентирование в мире: пер. А.К. Судакова. – М.: «Канон+» РООИ «Ребилитация». 2002. 384 с.

7.Мамчур Е.А. Объективность науки и релятивизм: (К дискуссиям в современной эпистемологии). М. 2004. 250 с.

8. Ясперс К. Философия. Книга первая. Философское ориентирование в: пер. А.К. Судакова. М.: «Канон+» РООИ «Ребилитация». 2002. 384 с.

9. Кассирер Э. Опыт о человеке: введение в философию человеческой культуры // Проблема человека в западной философии. М. 1988.

10.Альтернативные миры знания / Под ред. В.Н. Поруса и Е.Л. Чернякорвой. – СПб.: РХГИ. – 2000. - 328 с.

11.Там же.

12. Калинина Г.Н. Рациональная и паранаучная формы миропонимания // Научные ведомости БелГУ. Серия «Философия. Социология. Право». № 8 (127) 2012. Вып. 20. Белгород: Изд-во БелГУ, 2012. С. 254-260.

13. Порус В.Н. В поисках альтернативных путей к единству знания // Альтернативные миры знания: под ред. В.Н. Поруса и Е.Л. Чернякорвой. СПб.: РХГИ. 2000. 328 с.

14.Калинина Г.Н. Философский иррационализм и генезис паранаук на границах науки // Гуманитарные и социально-экономические науки. Северо-Кавказский научный центр высшей школы ЮФУ. № 2. Ростов-на-Дону, 2012. С. 14-18

Буковцева Н. А., магистрант
Института Государственного и Муниципального управления НИИ БЕЛГУ

ПУБЛИЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ: МЕСТО И РОЛЬ В КОНСОЛИДАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

galakalinina@inbox.ru

В данной статье автором обосновывается тезис о том, что в условиях современных социокультурных трансформаций важнейшим фактором консолидации солидарного общества выступает публичное управление, позитивный потенциал которого актуализируется также в качестве эффективного рычага в оценке эффективности и безопасности государственного управления, выражаясь в устранении дисбаланса частных и публичных интересов граждан.

Ключевые слова: *публичное управление, безопасность государственного управления, публичный, частный интерес, качество человеческих отношений, солидарность.*

Совершенно очевидно, что в одном из своих аспектов нынешний этап развития российского общества характеризуется усилением противоречия между современным управлением с присущим ему отчуждением объектов управления от принятия управленческих решений, с одной стороны, и объективной необходимостью усиления публичного характера управления, с другой. Конкретное проявление данные процессы находят в обострении противоречий интересов личности и государства, что самым неблагоприятным образом сказывается на функции общественных отношений, на качестве человеческих отношений, равно как и подрывают авторитет органов управления, тем самым способствуя ослаблению эффективности и безопасности государственного управления, а, следовательно, ослаблению экономической безопасности России [1].

С учетом сложившейся ситуации оказывается весьма своевременной и перспективной принятая в Белгородской области Долгосрочная целевая программа «Формирование регионального солидарного общества на 2011-20015 гг., в качестве одной из концептуальных задач предполагающая усиление публичного управления.

Надо сказать, что в Белгородской области уровень доверия населения к органам государственной власти и органам местного самоуправления с большим трудом можно назвать удовлетворительным. В частности, в ходе мониторинга эффективности деятельности органов власти и управления белгородской области в 2009 г. выявлено, что 22% белгородцев убеждены в том, что в обществе имеет место падение уровня доверия; 33 % отмечают факт «меньшей справедливости»; 45 % говорят о «большем безразличии». Мониторинг 20010 года фактически подтвердил данную статистику и соответствующие настроения граждан. При этом следует отметить: показатель доверия населения органам государственной власти несколько выше показателя доверия органам местного самоуправления. И ожидаемые показатели реализации указанной программы соответственно различаются. Скажем, согласно плану, к 2015 году уровень доверия населения области к органам государственной власти планируется поднять до 60 %, а уровень доверия населения органам местного самоуправления – до 55 % [2]. Особо подчеркивается, что реализация Программы в целом будет способствовать улучшению качества межличностных и межгрупповых отношений в области» [3]. В контексте сказанного, уместно добавить, что важными качественными показателями в данной связи предполагаются взаимная лояльность, ответственность граждан, их включенность в разноуровневые социальные сети, которые принимают активное участие в процессе социально-экономического роста, а, следовательно, и в реализации общей стратегии социально-экономического развития нашего края.

Надо сказать, что отчасти общие тенденции развития системы государственного и муниципального управления обусловливают сам характер возникающих здесь проблем. Особенно это относится к кадровой проблеме, которая в последние годы приобрела особое значение и в стране, и на региональном уровне), к системе кадрового обеспечения [4] как элементу всей системы государственного и муниципального управления в России.

В чем же заключается суть понятия «публичное управление»?

В известной мере ответ на данный вопрос связан с пониманием характера управляющего воздействия, оказываемого субъектом управления на объект управления. Так, если государственное управление выполняет цель и задачи, поставленные государством, то публичное управлением направлено на достижение общественно значимого результата. Тем самым публичное управление возникает как результат своего рода общественного договора между государством и обществом, когда властными полномочиями наделяются соответствующие органы и должностные лица [5]. При этом основным носителем власти остается население страны. Именно потому публичное управление имеет более широкий профиль управляющего воздействия. Его субъектами являются и органы местного самоуправления, общественные организации, предприятия и учреждения различны форм собственности. Им и могут быть переданы отдельные государственно-управленческие полномочия, которые осуществляются в интересах общества.

В современном демократическом государстве публичное управление является центральным звеном в реализации государственной политики. Оно имеет отношение к обществу в целом и его основным устоям и проявлениям, к государству, к деятельности, приоритетно ориентированной на достижение общесоциальных целей и выражение общественного мнения. Публичное управление выступает формой реализации публичной власти, которая имеет особые организационные и силовые структуры, обладает уникальными средствами принуждения, отсутствующих в арсенале личной или корпоративной власти, устанавливает правила поведения особого рода. Оно стимулируется общественным интересом и направлено на регулирование определенных общественных отношений. При этом публичная власть рассматривается в качестве статического явления (принадлежность народу, органу, должностному лицу), а публичное управление – как динамическое отношение, то есть действие публичной власти [6].

Содержание публично управления включает в себя:

-определенные формы территориальной государственно-властной организации населения в пределах всей государственной территории, установленные структуру и организационно-правовые способы реализации народовластия, специально оформленные учреждения – аппарат власти и лица, иерархически подчиненные, отправляющие функции власти в рамках ее аппарата.

Доминирующая роль публичного управления состоит в обеспечении баланса между публичными и частными интересами, где публичные интересы должны включать те потребности, от которых зависит существование и развитие общества в целом, а частные интересы признаны и гарантированы государством. Важнейшим элементом в обеспечении данной деятельности выступает публичный интерес, призванный, с одной стороны, обеспечивать устои общества и государства как условие всеобщего существования, а, с другой, - гарантировать удовлетворение частных интересов в их единичном и концентрированном выражении. По-видимому, имеет смысл согласиться с мнением В.Н. Некрасова и А. А. Алимханова в том, что «различая частный и публичный интересы, следует исходить из того, что частный интерес служит целям удовлетворения потребностей личности, публичный интерес – цели обеспечения существования общества как целого» [7]. Более того, важно добавить, что публичные интересы могут быть оптимально реализованы только сообща, в то время как частный интерес – понятие более индивидуализированное, они несут в себе отпечаток личных пристрастий, вкусовых характеристик, привычек и прочего. Вместе с тем, понятно, что реализация публичного типа интересов является условием реализации частных интересов: «обеспечение участия населения в оценке эффективности и и безопасности государственного управления» [8].

Совершенно очевидно – нарушение баланса бубличных и частных интересов имеет своим прямым следствием динамику роста угроз экономической безопасности страны, к ослаблению государства и экономики, а также гарантий прав и законных интересов субъектов публичной деятельности.

В современных социокультурных условиях российской практики получает дополнительную актуальность повышение публичности механизма государственной политики обеспечения экономической безопасности. Это с необходимостью предполагает сокращение управленческих процедур и административных действий – сокращение количества документов для получения гражданами публичной услуги; применение новых форм документов; снижение количества взаимодействий между гражданами и должностными лицами органов государственной власти и местного самоуправления - на что, собственно, и нацелена действующая в Белгородской области долгосрочная целевая программа «Формирование регионального солидарного общества», основополагающая установка которой (цель) – «улучшение качества человеческих отношений»[9].

С учетом же того, что возрождение традиций сознательной духовности и культуры, стабилизирующей общественные процессы и укрепляющей межнациональный и межконфессиональный мир, все более осознается в качестве задачи первостепенной важности, утверждение в обществе основанных на данных тра-

дициях ценностей и норм будет способствовать формированию и развитию национальной идентичности народов в целом, их единению в культурной, религиозной, исторической, языковой сферах,

Изложенное выше позволяет заключить: главная роль публичного управления как фактора консолидации общества в целом и регионального солидарного общества, в частности, в оценке эффективности и безопасности государственного управления выражается в устранении дисбаланса частных и публичных интересов. Если же принять во внимание, что определяющим элементом публичного управления выступает публичный интерес, то становится понятным, что именно он призван не только служить своего рода гарантом обеспечения устоев общества и государства, но и в этой своей роли обеспечивать процедуру оптимальной реализации частных интересов наших сограждан. И последнее, будем надеяться, что на тернистом пути сегодняшних, поистине масштабных, преобразований и развития человечества, существенным образом меняется не только уклад его жизни, укорененный в «структурах повседневности», но, что более важно, - сам образ мышления [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головко М.В., Некрасов В.Н. Теневые отношения как форма развития основополагающего противоречия управления // Менеджмент в России и за и за рубежом. 2011. № 5.

2.О Проекте Комплексной Программы «Формирование регионального солидарного общества на 2011-20015 годы». Раздел VI «Оценка эффективности реализации Программы. – С.8.

3. Долгосрочная целевая программа «Формирование регионального солидарного общества на 2011-20015 гг. – Белгород, 2011.

4. Бабинцев В.П. Опыт подготовки специалистов по работе с молодёжью в региональном университете // Сборник тезисов по материалам научно-практической конференции «Совершенствование системы формирования кадрового потенциала молодежной политики в Российской Федерации».- М. - 2009.

5. Мартынов А.В. О некоторых важных теоретических характеристиках управления в современном российском государстве // История государства и права. 2010. № 2.

6. Некрасов В.Н., Алимханов А.А. Публичное управление как фактор развития государственной политики обеспечения экономической безопасности России // Гуманитарные и социально-экономические науки. 20012. № 1. – С. 117-120.

7. Некрасов В.Н., Алимханов А.А. - Там же.

8. Комплексная Программа «Формирование регионального солидарного общества на 20011-2015 годы». Раздел VI. – Белгород, 2001.

9.Долгосрочная целевая программа «Формирование регионального солидарного общества на 2011-20015 гг.». Там же.

10. Калинина Г.Н. Рациональная и паранаучная формы миропонимания // Научные ведомости БелГУ. Серия «Философия. Социология. Право». – № 8 (127) 2012. Вып. 20. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2012. – С. 255. - С. 254-260.

Осыка Я. М., аспирант,
Мишенин М. Ю., аспирант,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

САКРАЛЬНОЕ В СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЕ: ДИЛЕММА ПОНИМАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ИДЕИ ПОСТСЕКУЛЯРИЗМА

Osyka@bsu.edu.ru

В статье рассматривается проблема трансформации феномена сакрального в современной культуре через обращение к концепту постсекулярного. Критически осмысливаются идеи С. Жижека, Т. Асада и С. Кричли о взаимосвязи политического и сакрального.

Ключевые слова: *сакральное, профанное, постсекулярное, культура постмодерна, политическое.*

В эпоху модерна секулярное представлялось некоторым образом «уходящей натурой». В общем контексте критики религии оно выглядело причудливым атавизмом традиционного общества, отодвинутого на задворки истории прогрессом или периферию, сжимающуюся под напором колониализма. В трудах, пожалуй, наиболее известных исследователей проблемы сакрального, Р. Отто и М. Элиаде, сакральное предстает именно таковым. Но уже сегодня известная фраза В. Беньямина о том, что теология проиграла историческому материализму переворачивается С. Жижеком на противоположное: «выигрыш всегда обеспечен кукле, называемой «теология». Она сможет запросто справиться с любым, если возьмет к себе на службу исторический материализм, который в наши дни, как известно, стал маленьким и отвратительным, да и вообще ему лучше никому на глаза не показываться» [1-5,6]. Своеобразный реванш религии и сакрального также обусловлен как раз ее отделенностью от других институтов. Поскольку она в значительной степени автономна, С. Жижек считает возможным говорить о глобализации религии, всеобщности, которая соотносима с универсальными функциями связи вне зависимости от культурной или цивилизационной принадлежности.

Оставляя пока в стороне выделяемые С. Жижеком функции религии, они тоже говорят в пользу последнего тезиса о глобальном характере религии, остановимся на изменении самой религии. Критическая функция религии в современности, в которой она предстает как пространство выражения мнения несогласных, как ересь, приводит к гегелевской схеме трансформации христианства. От «народной религии», которая просто, нерефлективно принимается и вплетена в самосознание и идентичность народа к «позитивной религии», религии предписанной властью и далее уже к «религии разума». Собственно последний этап и есть время секуляризма, когда религия критикуется с позиции разума и в значительной мере вытесняется из институциональной сферы или отделяется от господствующих институтов общества. Однако, противостоянием разума и веры «история» не заканчивается, поскольку следующий этап постсекуляризма предлагает другую оппозицию, уже не веры и разума, а знания и «дезавуированной веры» [1-11]. Поскольку религия утратила роль признаваемого и некоторым образом видимого связующего основания общества, элемента определяющего человека явным образом, она действительно вытесняется и становится социальным бессознательным, не исчезая, но актуально присутствуя за границами знания или даже являясь его основанием, что С. Жижек передает достаточно выразительным выражением, продолжающим П. Слоттердайка: «Я знаю, что я делаю, но тем не менее я это делаю…»… «… потому что я не знаю, во что я верю»[1-11].

Вера существенно изменяется, из публично признаваемой она ускользает в область непроговариваемого, тайного, интимного, того, в чем не признаются и что скрывают. Вера из формального акта внешнего ритуала, поддавшегося натиску рационализма, находит путь для сохранения. Его цена как раз потеря явленности и переход в статус «подвешенности веры» (С. Жижек). Здесь вера и есть сакральное в его классических описаниях интенсивных переживаний, которые не просто трудно вокализируемы, но скорее настолько интимны и шокирующи, что приводят к безмолвию. И вне институционализированных практик они именно такими и остаются. Хотя позволим себе здесь добавить, что и традиционные религиозные институты никуда не исчезают, но меняется характер даже не столько религиозного, сколько действительно сакрального. Которое, подобно энергии наполняет не только традиционные формы, но и создает новые. Вопрос также в том, как соотносятся новые и старые формы или формальная религиозность – сакральность и сакральность вне каких-либо институций. Это вопрос о транс-

формации сакрального как интенсивного переживания, лежащего в основе социального, но, как показал С. Жижек, уже не являющемся признаваемым в качестве такового.

С. Жижек дает свой ответ на этот вопрос в концепте Другого, который «истинно верит»: «… сегодня мы верим еще сильнее, чем когда-либо: самый скептический подход, подход деконструктивистский, опирается на фигуру Другого, который «истинно верит»; постмодернистская потребность в постоянном использовании средств иронического дистанцирования (кавычки и т.п.) выдает глубинный страх, что без этих средств вера будет откровенной и непосредственной…» [1-13]. И здесь есть момент страха, отчаянного желания дистанции с интенсивным чувством, что вновь отсылает к определениям сакрального, но средства уже иные, но также можно сказать, что все те же, поскольку функция сохраняется. Как и в арахаике необходим «третий», который будет посредником. Поскольку сообщение напрямую, непосредственное обращение с сакральным опасно, нужен посредник, Другой, который позволяет сохранить дистанцию. Именно он является «истинно верующим» и концентрирует формальные смыслы. В значительной мере он иллюзорен или симулятивен, поскольку содержательно необходим только для того, чтобы сохранять дистанцию. Но также он неотъемлемый элемент коммуникации. И здесь стоит проговорить нам самим, что, прежде всего, сакральное присутствует, оно есть как некоторое актуальное, реально существующее, а также, что оно сохраняет себя в качестве связующего социальность элемента. То есть при изменении режима функционирования, когда сакральное как «подвешенная вера», существует на «нелегальном положении», она не только сохраняет себя, но является определяющим, глобальным в своей растворенности в культуре в целом и являясь «социальным бессознательным» в целом и конкретных институтов в частности. Иначе говоря, С. Жижек подводит нас к идее о том, что если возможна вера вне религии, то как раз это и происходит сейчас. Вера или сакральное вышли за границы религии, что, возможно, и есть ее подлинный смысл. Но открытость этого факта невозможна по той же причине, выражение вне ритуала, репрезентация вне института проблематична, а потому и нужен «истинно верующий» Другой, как проекция собственного переживания сакрального. В этом суть трансформации сакрального в эпоху постсекуляризма, по крайнем мере, некоторые ее элементы (и здесь уже мы занимаем необходимую дистанцию), названные С. Жижеком.

Однако альтернативой ритуалу, существованию сакрального в пределах религии, как раз и становится политическое. И если для С. Жижека интересен аспект политического как сопротивления господствующим идеологиям и критическое как его критика, то Талал Асад указывает на тот факт, что эпоха постколониализма связана не только с политической борьбой за освобождение стран третьего мира, но проблематизацией секуляризма как идеологии и мировоззрения. Двойственность секуляризма и его сложные отношения с сакральным включают оба указанных аспекта: «Является ли секуляризм плодом колониализма, целостным мировоззрением, ставящим материальное выше духовного, современной культурой отчуждения и неограниченного удовольствия? Или же секуляризм – необходимое условие универсального гуманизма, рациональный принцип, который способствует подавлению (или ограничению) религиозных страстей, так что опасный источник нетерпимости и иллюзий оказывается под контролем и политическому единству, миру и прогрессу уже больше ничего не угрожает?» [4-56]. Отсюда возникающая двойственность, поскольку секуляризм распознается как политическая доктрина, неразрывно связанная с колониализмом, но также как идеология, способствующая «социальному миру», формирующая коллективную идентичность, в итоге ведущая к прогрессивному развитию и миру. Секуляризм в этом аспекте оказывается не только удобной проблемой для изучения взаимосвязи политики и знания, подобно фуколдианскому подходу в духе власть – дискурс, но также организует единое пространство с весьма разнородными объектами, политической практикой и идеологией с одной стороны и знанием, наукой с другой. Это столкновение не только науки и политики, но как это сформулировал С. Жижек, самого знания и воображаемого, фантазийного или мифологического, бессознательного элемента самой политики и науки.

Именно поэтому Талал Асад говорит о том, что недостаточно «поскрести» современное секулярное общество и государство, чтобы обнаружить его сакральное или квазисакральное основание. Сакральное равно как и секулярное не являются статичными феноменами и взаимодействуют более сложным образом, нежели в режиме сокрытия и замещения друг друга. Упрощением было бы считать, что секулярное приходит на смену сакральному и религиозное исчезает из жизни людей под давлением рационализации. Но также упрощение и противоположное, будто сакральное существовало под маской секулярного и никуда на самом деле не исчезало. Тала Асад выступает против всякой универсализации как сакрального, так и секулярного, оставляя за ними статус концептов, которые определенным образом отражают существующие практики, но которые нельзя эссенциализировать, наделять самостоятельным значением: «Предлагаемый мной анализ призван стать противовесом триумфалистской истории секулярного. Я полагаю – и тут следую за целым рядом исследователей, - что религиозное и секулярное не являются раз и навсегда фиксированными категориями. Но при этом я не утверждаю, что если сорвать покров видимости, то некий с виду секулярный институт окажется в своей основе религиозным. Напротив, я утверждаю, что нет ничего религиозного по своей природе, нет никакой универсальной сущности, определяющей сакральный язык или сакральный опыт…» [4-60].

Свою позицию Талал Асад обосновывает опираясь на историю концептов сакрального и секулярного. Так секулярное оказывается вовсе не возникает изначально как оппозиция религии, а лишь в качестве обозначения позиции свободомыслия: «Понятия «секуляризм» и «секулярист» вошли в английский язык в середине XIX в. стараниями свободомыслящих, старавшихся избежать обвинений в «атеизме» и «неверии», что во все еще христианском обществе несло на себе отпечаток аморальности» [4-58]. Следовательно секулярное как концепт изначально не нагружено смыслами вытеснения религии и тем более ее исключения, а скорее отталкивалось от необходимости отличия от атеистически ориентированных исследователей и общественных деятелей. В этом смысле секулярное очерчивало пространство не противопоставленное сакральному или религиозному, но скорее параллельное, как место реализации нового, возникающего вместе с индустриализмом и социального (а частично и политического) по своему содержанию.

В своем же начале секулярное, по мысли Талала Асада, становится возможным исходя из идеи трансцендентного Бога в христианстве, поскольку «отдаление» от мира как раз и создает пространство в некотором роде самостоятельное и автономное, то есть секулярное. Открыта для критики также идея о некотором сакральном пространстве или пространстве, организованном сакральным, которое противостоит профанному. Талал Асад обращает внимание, что никогда прежде не существовало некоторого сакрального пространства, в том понимании, которое вкладывают в него классики и современные антропологи: «… не существовало единого пространства социальной жизни и мысли, которое бы было организовано понятием «сакрального». Вместо этого существовали обособленные места, объекты и времена, причем каждый из них был связан с соответствующими способами поведения и говорения» [4-64]. Иначе говоря, пространства организованного через противопоставление сакрального и профанного никогда не существовало. Довольно спорным представляется обращение для обоснования этой идеи к феномену homo sacer, который Асад использует для подтверждения идеи о неоднозначности и спорности идеи сакрального в его традиционном понимании. Вместе с тем, отметим, что обращение к такому примеру происходит вне существующего и актуального контекста рассмотрения проблемы homo sacer Дж. Агамбеном. В цикле работ посвященных этой проблеме Агамбен рассматривает ее в достаточно традиционном ключе, то есть не деэссенциализируя само сакральное, оставляя за ним специфическое содержание не только символического порядка.

Критика теории табу и самого сакрального Талалом Асадом разворачивается вокруг содержания этого концепта как имеющего смысл некоторой специфической, особой сущности, сообщающей исключительные качества объектам и пространству, противоположные другим объектам и пространствам, называемым профанными. Он отмечает, что возникновение такого понимания сакрального возникло сравнительно недавно: «Только в конце XIX в. антропологическая и теологическая мысль превратила множество перекрывающихся использований, коренящихся в меняющихся и гетерогенных формах жизни, в единую неизменную сущность, и объявила ее аспектом универсального человеческого опыта, называемого религиозным» [4-66]. До этого времени сакральное и профанное в источниках не обнаруживаются, поскольку в средневековой мысли актуальным было противопоставление «божественного и сатанинского», а также «духовного и временного». То есть оппозиции выстраивались внутри самого сверхестественного и внутри естественного, но не между ними. Причем само деление возникает в работах Э. Дюркгейма, который разграничивает эти сферы довольно строго. Ссылаясь на его критиков (Paden W., McDannell C.) Т. Асад отмечает, что в реальности сферы сакрального и профанного не автономны, а смешаны. Даже для обозначения религиозного чувства во Франции времен Средних веков использовался другой термин – saintete, означавший исключительные качества объектов, которые были не отделены от повседневности и обычной жизни, а тесно с ней связаны. Однако при этом, все высказанные претензии к

такому пониманию сакрального не отрицают главного, а именно ее эссенциалистского характера, то есть не отвергают реального содержания религиозного переживания, стоящего за концептом сакрального.

На наш взгляд, опровергнуть, также как и найти, такое содержание в критике самого концепта невозможно. Концепт сакрального мог быть сконструирован антропологами, на чем настаивает Талал Асад, и в конкретных условиях развития европейской науки вместил в себя указанные смыслы универсальности и исключительности, но это все же было поименование некоторого реального содержания, религиозного чувства, переживания. С точки зрения же Талала Асада концепт возник на основе рационализированного опыта столкновения с иными верованиями в условиях зарождения идеи универсальности: «Что же позволило осуществить эссенциализацию сакрального, что превратило его во внешнюю трансцендентную силу? Мой предварительный ответ таков: новое теоретизирование о сакральном было связано со встречей Европы с неевропейским миром в условиях просвещенного пространства и времени, которые стали свидетелями конструирования религии и природы как универсальных категорий» [4-69]. Идея универсального как некий гештальт была применена в отношении неевропейских народов и их представлений как иных или других, в результате чего начиная с эпохи Просвещения и далее в течении XIX века формируется представление о сакральном как универсальной трансцендентности.

Для Талала Асада сакральное существует как концепт, стягивающий в единое поле смыслы и практики. И с такой точки зрения смыслы собираются достаточно определенно в XIX веке, а практики также формируются в это время параллельно с формированием аналогичных практик (дисциплинарных в частности) в светских государствах. За границами предлагаемой схемы остается религиозное чувство, феноменология сакрального. На чем настаивает С. Жижек, что выражение чувства через практики изменилось, точно также как и возможность и способность говорить об этом. Своеобразный номинализм Т. Асада возможен, только если оставаться на уровне концептуального анализа и поиска противоречий в понимании сакрального и секулярного в различные исторические периоды. Ключевой остается фраза о том, что на самом деле ничего религиозного нет, а есть лишь нечто, что называется так. И в таком случае ключевой элемент концепции Т. Асада оказывается уязвимым, практики, на которые он опирается, остаются исторически сложившимся способом действия, формой деятельности, фиксируемой, верифицируемой, но бессодержательной в своей формальности, без учета живого чувства в них.

Талал Асад в своей статье реализует только часть поставленной задачи, поскольку раскрывает и обосновывает эпистемологию секулярного и сакрального, но не антропологию. Мы же принимаем идею о секулярном как пространстве специфического функционирования сакрального, не отвергаемом или вытусняемом на периферию, а различным способом присутствующим и взаимодействующим с секулярным. Причем если рассматривать последнее как новые отношения и практики, а также смыслы, концепты, то сакральное оказывается не противопоставленным, а параллельным пространством. Но также проникающим, поскольку проницаемость новых практик для чувства сакрального не вызывает сомнения. Примером может служить сакрализация техники и технологий в эпоху раннего модерна и даже позднее [2,3]. Также как и критикуемые Т. Асадом концепции постсекулярного как квазисакрального или внутренне сакрального миропорядка.

Одна из наиболее интересных из них представлена в работах Саймона Кричли, который в книге «Вера неверующих» одним из тезисов выдвигает вопрос, почему политика не может существовать без религии. Отталкиваясь от анализа идей Ж.-Ж. Руссо он показывает необходимость религии для обоснования властью своего суверенитета и практике управления государством. Государство стремится к контролю за умами людей и в этом стремлении не может обойтись без религии, но в то же время ее привлечение обуславливает противоречие, заключающееся в том, что слияние религии и политики ведет к конфликтам в обществе и религиозным войнам. И вновь, подобно С. Жижеку Саймон Кричли ставит вопрос о возможности существования религии отдельно от государства и государства отдельно от религии.

Парадокс суверенности, трактуемый Кричли с опорой на сочинения Руссо, заключается в том, что законодатель, устанавливающий закон, сам находится вне его. Отсюда вопрос, может ли полтика найти свое основание без обращения к сакральному. Для Руссо ответ найден в формуле: «необходимы Боги, чтобы давать закон людям». Власть как возможность влияния черпает силу именно в сакрализации. Отсюда изначально религия являлась гражданской религией, то есть существующими внутри страны нормами, догмами, ритуалами и культом. В своем совпадении с законом гражданская религия культивирует как саму религию, так и закон. Они оба друг друга обосновывают и поддерживают. И исходя из этих идей, раскрывается новая перспектива современности как постсекулярного общества.

Считается, что современность связана с уходом от религиозной зависимости вследствие развития науки, техники и экономического прогресса. Религии отведена роль в пределах узкой сферы морального и духовного под контролем государства. Однако, в этих условиях религия и сакральное не угасает, а усиливается в нескольких направлениях:

1) Сионизм – подразумевающий слияние религиозных и государственных институтов;

2) Исламизм или иудаизм – политическое движение, которое обосновывает себя через обращение к религии;

3) Военный неолиберализм – «теология свободного рынка», в сочетании с идеями свободы, демократии, прав человека и чрезмерной военной мощью;

4) Социально-демократический консерватизм – как защита определенных идей (толерантности, интеграции) с исключением иных точек зрения и их крайним неприятием [5].

Иными словами, Саймон Кричли говорит о том, что нет внерелигиозного сознания. Тем более это раскрывается в политике и через политику. Политика осуществляет себя через устранение неверия, но также через навязывание определенной веры. Потому она связана с парадоксом веры неверующих, когда мы рационализируем повседневность, но сфера политики постоянно смещается и выносится за ее пределы в область воображаемого, иллюзии и фантазма. Сакральное же функционирует внутри секулярного как его скрытая часть или бессознательное власти.

В любом случае, проект отрицания сакрального как некоторой реальности и не только символической остается скорее маргинальным в современной философии. Сакральное как чувство, переживание во всей его интенсивности пусть и не всегда явно отождествляемое с религией все более раскрывается в политике как через обращение к достаточно традиционным концептам политической философии, подобно суверенности, так и через новые повороты философской мысли в концептах «веры неверующих» и «подвешенной веры».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жижек С. Кукла и карлик: христианство между ересью и бунтом. М. «Европа», 2009. 336 с.

2. Борисов С.Н., Римский В.П. Тертуллиан, медиа и трансгуманизм: онтология свободы и антропология насилия в постсекулярном мире // Научные ведомости БелГУ. Серия «Философия. Социология. Право». 2013. № 2 (145). Вып.23 С. 5-18.

3. Борисов С.Н. Насилие – миф – религия: о механизмах локализации насилия в традиционной культуре // Наука Искусство Культура. Выпуск 1., 2012. С.139-144.

4. Талал Асад Что могла бы представлять собой антропология секуляризма? // Логос №3 2011. С.56-99.

НАШИ АВТОРЫ

Ядыкина Валентина Васильевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильных и железных дорог.
E-mail: vvya@intbel.ru

Носов Сергей Владимирович
Адрес: Россия, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30. Липецкий государственный технический университет, кафедра транспортных средств и техносферной безопасности.
E-mail: nosovsergej@mail.ru

Высоцкая Марина Алексеевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильных и железных дорог.
E-mail: roruri@rambler.ru

Барабаш Дмитрий Евгеньевич
Адрес: Россия, 394680, Воронеж, ул. 20летия Октября, д. 84. Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра строительных конструкций, оснований и фундаментов.
E-mail: barabash60170@yandex.ru

Кочнев Владимир Игоревич
Адрес: Россия, 125349, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64 Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет.
E-mail: Eco46@mail.ru

Мардиросова Изабелла Вартановна
Адрес: Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162. Ростовский государственный строительный университет, ДорТрансНИИ
E-mail: Isabellavm@rambler.ru

Кузнецов Дмитрий Алексеевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильных и железных дорог.
E-mail: xidox@yandex.ru

Чернов Сергей Анатольевич
Адрес: Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162. Ростовский государственный строительный университет, кафедра автомобильных дорог.
E-mail: sergei_a_chernov@rambler.ru

Духовный Георгий Самуилович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра автомобильных и железных дорог.
E-mail: karpenko-alisa@mail.ru

Хатунцев Антон Александрович
Адрес: Россия, 394064, Воронеж, ул. Ст. Большевиков, д. 54а. Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж), кафедра инженерно-аэродромного обеспечения.
E-mail: anton.hatun@yandex.ru

Меркулов Сергей Иванович
Адрес: Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33. Курский государственный университет, кафедра ПГС.
E-mail: mersi.dom@yandex.ru

Перькова Маргарита Викторовна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра архитектуры.
E-mail: perkova.margo@mail.ru

Петропавловская Виктория Борисовна
Адрес: Россия, 170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22. Тверской государственный технический университет, кафедра производства строительных изделий и конструкций
E-mail: victoria_petrop@mail.ru

Донченко Олег Михайлович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра промышленного и гражданского строительства.
Тел.:(4722)54-00-69

Евстратов Владимир Александрович
Адрес: Россия, 346500, г. Шахты, Ростовской области, площадь Ленина 1. Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ(НПИ), кафедра «Машины и оборудование предприятий стройиндустрии».
E-mail: vae602@yandex.ru

Федоренко Михаил Алексеевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технология машиностроения.
E-mail: KDSM2002@mail.ru

Севостьянов Владимир Семенович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра «Технологические комплексы, машины и механизмы».
Тел.:(4722) 54-39-65.

Самчук Владимир Владимирович
Адрес: Украина, 61003, г. Харьков, ул. Университетская, д. 16. Украинская инженерно-педагогическая академия, кафедра металлорежущего оборудования и транспортных систем.
E-mail: samchucvv1986@km.ru

Богданов Василий Степанович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра механического оборудования.
Тел.:(4722) 55-06-02; e-mail: v.s_bogdanov@mail.ru

Усманов Далер Ирматович
Адрес: Россия, 308000, г. Белгород, ул. Победы 85. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, факультет управления и предпринимательства, кафедра «Менеджмент организации».
E-mail: us.dali@mail.ru

Бирюлева Диляра Камиловна
Адрес: Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1. Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра экономики и предпринимательства в строительстве
E-mail: dila899@mail.ru

Дорошенко Юрий Анатольевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра стратегического управления.
E-mail: ROGOVA@intbel.ru

Димитрюк Анастасия Андреевна
Адрес: Россия, 644099, г. Омск, Набережная им. Тухачевского, д. 14. Омский государственный педагогический университет кафедра стратегического и операционного менеджмента.
E-mail:dimitryik@yandex.ru

Романович Марина Алексеевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Инновационно-технологический центр.
E-mail: Bel31rm@yandex.ru

Климашевский Константин Алексеевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра стратегического управления.
E-mail: ROGOVA@intbel.ru

Никитина Елена Александровна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра экономики и организации производства.
E-mail: Elena_nikitina79@mail.ru

Ястребинский Роман Николаевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра неорганической химии.
Тел.:(4722) 54-96-04; e-mail: yrndo@mail.ru

Евтушенко Евгений Иванович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии стекла и керамики.
E-mail: naukaei@mail.ru

Ломаченко Дмитрий Владиславович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра прикладной химии.
E-mail: dsubwayl@yandex.ru

Черкашина Наталья Игоревна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра неорганической химии.
Тел.:(4722) 54-96-04; e-mail: natalipv13@mail.ru

Шаповалов Николай Афанасьевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
E-mail: shap@bstu.ru

Агеева Марина Сергеевна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.
E-mail: mariskava@yandex.ru

Сыса Оксана Константиновна
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра технологии стекла и керамики.
E-mail: naukaei@mail.ru

Жерновой Федор Евгеньевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций, секция «НСМ».
E-mail: fedor.zhernovoy@gmail.com

Нгуен Данг Минь
Адрес: Россия, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83 Иркутский государственный технический университет, кафедра технология машиностроения/
E-mail: Soldier.85@mail.ru

Плаксицкий Андрей Борисович
Адрес: Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231. Воронежский институт Государственной противопожарной слубы МЧС России.
E-mail: pab13@mail.ru

Чуб Игорь Андреевич
Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Чернышевская, д. 94 Национального университета гражданской защиты Украины, начальник кафедры пожарной профилактики в населенных пунктах
E-mail: igorchub1959@gmail.com

Поляков Владимир Михайлович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
E-mail: p_v_m@mail.ru

Нестеров Алексей Михайлович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра электроэнергетики.
E-mail: dekan-energo@intbel.ru

Рощубкин Пётр Владимирович
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра электроэнергетики.
E-mail: qwerty315@yandex.ru

Венцель Евгений Сергеевич
Адрес: Украина, 61002, г.Харьков, ул. Петровского, 25. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, кафедра Дорожные машины.
E-mail: nssevr@yandex.ru

Трубаев Павел Алексеевич
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, кафедра электроэнергетики.
E-mail: dekan-energo@intbel.ru

Ефремова Нина Владимировна
Адрес: Россия, 308033, Белгород, ул. Королева, д. 7. Белгородский государственный институт искусств и культуры, кафедра социально-культурной деятельности
E-mail: fakultetskd@rambler.ru

Калинина Галина Николаевна
Адрес: Россия, 308033, Россия, г. Белгород, ул. Королева, 7. Белгородский государственный институт искусств и культуры кафедра философии и истории науки.
E-mail: galakalinina@inbox.ru

Ильина Любовь Викторовна
Адрес: Россия, 380023, г Белгород, ул. Садовая, 116а, Белгородский университет кооперации, экономики и права
E-mail: IlinaLV@livt.bukep.ru

Буковцева Нелли Алексеевна
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 10. НИИ Белгородского государственного национального исследовательского университета
E-mail: galakalinina@inbox.ru

Осыка Яна Михайловна
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы д.85. Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кафедра философии.
E-mail: Osyka@bsu.edu.ru

Научное издание

«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 6. 2013 г.

Научно-теоретический журнал

Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка Н.И. Алфимова
Дизайн обложки В.Б. Бабаев

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего и профессионального 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 01.10.13. Подписано в печать 04.11.13 Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 30,4 Уч.-изд. л. 28,2
Тираж 1000 экз. Заказ 305. 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